

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL SANNIO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA INFORMATICA

## Data Science

---

### Homework 4

---

*Prof.:*  
Antonio Pecchia

*Studenti:*  
Stocchetti Federico, matr. 399000543  
Fioretti Gabriele, matr. 399000522  
Razzano Federica, matr. 399000542

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Dati utilizzati</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Hardware &amp; software stack</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Modelli implementati</b>	<b>3</b>
4.1	Modelli di Gabriele . . . . .	3
4.1.1	FFNN . . . . .	3
4.1.2	AutoEncoder . . . . .	3
4.2	Modelli di Federica . . . . .	4
4.2.1	FFNN . . . . .	4
4.2.2	AutoEncoder . . . . .	5
4.3	Modelli di Federico . . . . .	5
4.3.1	FFNN . . . . .	5
4.3.2	AutoEncoder . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Risultati</b>	<b>7</b>
5.1	Modelli di Gabriele . . . . .	10
5.1.1	Macchina #1 (Federico) . . . . .	10
5.1.2	Macchina #2 (Federica) . . . . .	11
5.1.3	Macchina #3 (Gabriele) . . . . .	13
5.2	Modelli di Federica . . . . .	14
5.2.1	Macchina #1 (Federico) . . . . .	14
5.2.2	Macchina #2 (Federica) . . . . .	15
5.2.3	Macchina #3 (Gabriele) . . . . .	17
5.3	Modelli di Federico . . . . .	18
5.3.1	Macchina #1 (Federico) . . . . .	18
5.3.2	Macchina #2 (Federica) . . . . .	19
5.3.3	Macchina #3 (Gabriele) . . . . .	21

# 1 Introduzione

In questo Homework è richiesta la realizzazione e il testing di modelli di Machine Learning per il riconoscimento di traffico proveniente da attacchi di tipo DDoS. L'Homework si divide in due fasi, una prima fase individuale in cui ogni componente realizza una propria implementazione delle reti richieste ed una seconda fase in cui viene effettuato il testing di tutti i modelli prodotti sulle macchine degli altri componenti.

In questo report, dopo una panoramica sulle macchine e sul software utilizzato, vengono descritti i suddetti modelli dettagliando brevemente il processo che ha portato all'utilizzo di determinate configurazioni piuttosto che altre. Infine vengono descritte le performance dei modelli riscontrate sulle diverse macchine utilizzate dai membri del gruppo.

## 2 Dati utilizzati

Per il training e la valutazione dei modelli sono stati utilizzati i dati contenuti nei file TEST.csv, TRAIN.csv, TRAIN\_AE.csv, VALIDATION.csv. I file contengono record labeled di dati relativi al traffico di rete. L'attributo "Label" classifica il traffico di rete in 5 categorie:

- BENIGN;
- DoS GoldenEye;
- DoS Hulk;
- DoS Slowhttptest;
- DoS Slowloris;

Per il training viene usato un subset di 81 features e per il test finale, con dati non utilizzati durante le fasi di train e validation, vengono utilizzati 10000 record di cui 5000 di tipo BENIGN. Per il modello FFNN vengono utilizzati i files TEST.csv, TRAIN.csv, VALIDATION.csv, mentre per il modello AutoEncoder vengono utilizzati i file TEST.csv, TRAIN\_AE.csv, VALIDATION.csv.

## 3 Hardware & software stack

In questa sezione viene dettagliato il setup hardware e lo stack software su cui sono stati implementati e testati i modelli.

Macchina n.	#1 (Federico)	# 2 (Federica)	#3 (Gabriele)
Modello	Assemblato	Lenovo Ideapad 330S	Assemblato
OS	Windows 11 Home v22H2	Windows 11 Home v22H2	Windows 11 Home v22H2
CPU	AMD Ryzen 5 3600 6-Core @3.95 GHz	Intel(R) Core(TM) i5-8250U CPU @ 1.60GHz 1.8 GHz	AMD Ryzen 7 3700X 8-Core Processor @ 3.59 GHz
RAM	16GB DDR4 3200 MHz	8GB DDR4 2400 MHz	16GB DDR4 3200MHz
GPU	Nvidia GTX 1070 8GB	AMD Radeon(TM) 535 2GB	NVIDIA Geforce RTX 3070ti 8GB
Versione di Keras	2.13.1	2.13.1	2.13.1
Versione di TensorFlow	2.13.0	2.13.0	2.13.0
Versione di Python	3.11	3.9	3.9.1

Tabella 1: Specifiche delle macchine

## 4 Modelli implementati

In questa sezione vengono dettagliate le scelte di design per i modelli prodotti. In particolare, ogni componente del gruppo ha realizzato sulla propria macchina due modelli: un **AutoEncoder** e una **Feed-Forward Neural Network (FFNN)**. Per i modelli prodotti è richiesto il raggiungimento di una soglia minima di performance, in particolare:

- **Feed-Forward Neural Network (FFNN)**:  $FPR \leq 0.001$  e  $recall \geq 0.980$  per almeno 3 su 4 tipi di attacco DDoS;
- **AutoEncoder**:  $FPR \leq 0.050$  e  $recall \geq 0.950$  per almeno 3 su 4 tipi di attacco DDoS.

### 4.1 Modelli di Gabriele

#### 4.1.1 FFNN

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/32/2/2 - /tanh/relu/softmax	100	256	adam	categorical cross-entropy

Tabella 2: FFNN di Gabriele

Per la realizzazione del modello FeedForwardNN sono state adottate le seguenti configurazioni:

- **batch size**: 256
- **epochs**: 100
- **optimizers**: adam
- **loss function**: categorical\_crossentropy

Di seguito la configurazione del modello creata nel file **FeedForwardNN.py** nel metodo `__init__`:

```
input_layer = Input(shape=(input_dim,))
hidden_layer = Dense(32,activation='tanh',kernel_initializer=RandomNormal())(input_layer)
hidden_layer_2 = Dense(2,activation='relu',kernel_initializer=RandomNormal())(hidden_layer)
output_layer = Activation(activation='softmax')(hidden_layer_2)
self.classifier = Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
```

Il modello è stato realizzato utilizzando 2 hidden layers, il primo con 32 neuroni e funzione di attivazione *tanh*, il secondo con 2 neuroni (corrispondenti al numero di uscite attese dal modello) e con funzione di attivazione *relu*. Durante le varie prove fatte per effettuare fine-tuning dei parametri, si è notato come l'utilizzo della funzione di ottimizzazione **adam** incrementa significativamente la precisione e la recall del modello, permettendo di ottenere risultati migliori. Come loss function si è scelto di utilizzare la *categorical\_crossentropy* poiché l'attributo label da predire utilizzando il modello è di tipo categorico. Per quanto riguarda la scelta di numero di epoche e batch-size, questi parametri sono stati tunati tenendo in considerazione che l'aumento eccessivo delle epoche non comporta necessariamente un aumento della qualità del modello, mentre la diminuzione della batch-size implica l'utilizzo di più record per ogni epoca, aumentando così la varietà dei record utilizzati dal modello in fase di training, appesantendo però quest'ultima fase. Si è scelto pertanto un valore che non fosse né troppo grande, né troppo piccolo.

#### 4.1.2 AutoEncoder

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/64/32/64/81 - /relu/relu/relu/tanh	100	256	adam	mean squared error

Tabella 3: AE di Gabriele

Per la realizzazione del modello AutoEncoder sono state adottate le seguenti configurazioni:

- **batch size:** 256
- **epochs:** 100
- **optimizers:** adam
- **loss function:** mean\_squared\_error

Di seguito la configurazione del modello creata nel file **AutoEncoder.py** nel metodo `__init__`:

```
input_layer = Input(shape=(input_dim,))
hidden_layer = Dense(64, activation='relu')(input_layer)
hidden_layer = Dense(32, activation='relu')(hidden_layer)
hidden_layer = Dense(64, activation='relu')(hidden_layer)
output_layer = Dense(input_dim, activation='tanh')(hidden_layer)
self.autoencoder = Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
```

Il modello presenta dunque 3 hidden layers, tutti con la stessa funzione di attivazione (*relu*), ma con diverso numero di neuroni. In particolare, il numero di neuroni nel primo layer è 64, nel secondo è 32 e nel terzo è nuovamente 64. Questa configurazione è stata adottata così da rispecchiare la struttura a clessidra dell'AutoEncoder. Anche in questo caso per la funzione di ottimizzazione adam, per il batch-size e per le epochs valgono le stesse osservazioni effettuate per il modello FFNN precedentemente descritto.

## 4.2 Modelli di Federica

### 4.2.1 FFNN

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/16/16/2 - /tanh/tanh/re- lu/softmax	100	256	adam	categorical _crossentropy

Tabella 4: FFNN di Federica

Per la realizzazione del modello FeedForwardNN sono state adottate le seguenti configurazioni:

- **batch size:** 256
- **epochs:** 100
- **optimizers:** adam
- **loss function:** categorical\_crossentropy

Di seguito la configurazione del modello creata nel file **FeedForwardNN.py** nel metodo `__init__`:

```
input_layer = Input(shape=(input_dim,))
hidden_layer = Dense(16, activation='tanh', kernel_initializer=RandomNormal())(input_layer)
hidden_layer_2 = Dense(16, activation='tanh', kernel_initializer=RandomNormal())(hidden_layer)
hidden_layer_3 = Dense(2, activation='relu', kernel_initializer=RandomNormal())(hidden_layer_2)
output_layer = Activation(activation='softmax')(hidden_layer_3)
self.classifier = Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
```

Il modello è stato realizzato utilizzando 3 hidden layers, i primi due con 16 neuroni e funzione di attivazione *tanh*, il terzo con 2 neuroni (corrispondenti al numero di uscite attese dal modello) e con funzione di attivazione *relu*.

La scelta di numero di epoche e batch-size è stata effettuata tenendo in considerazione che l'aumento eccessivo delle epoche non comportava un aumento della qualità del modello, mentre la diminuzione della batch-size, appesantiva significativamente la fase di training.

### 4.2.2 AutoEncoder

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/64/32/64/81 - /relu/relu/re- lu/tanh	100	256	adam	mean_squared_error

Tabella 5: AE di Federica

Per la realizzazione del modello AutoEncoder sono state adottate le seguenti configurazioni:

- **batch size:** 256
- **epochs:** 100
- **optimizers:** adam
- **loss function:** mean\_squared\_error

Di seguito la configurazione del modello creata nel file **FeedForwardNN.py** nel metodo `__init__`:

```
input_layer = Input(shape=(input_dim,))
hidden_layer = Dense(64, activation='relu')(input_layer)
hidden_layer = Dense(32, activation='relu')(hidden_layer)
hidden_layer = Dense(64, activation='relu')(hidden_layer)
output_layer = Dense(input_dim, activation='tanh')(hidden_layer)
self.autoencoder = Model(inputs=input_layer, outputs=output_layer)
```

Il modello è stato realizzato utilizzando 3 hidden layers, il primo ed il terzo con 64 neuroni e funzione di attivazione *relu*, il secondo con 32 neuroni e con funzione di attivazione *relu*.

La scelta di numero di neuroni è stata adottata così da rispecchiare la struttura a clessidra dell'AutoEncoder.

## 4.3 Modelli di Federico

### 4.3.1 FFNN

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/256/256/2 - /tanh/tanh/soft- max	200	512	adam	categorical cross- entropy

Tabella 6: FFNN di Federico, configurazione finale

Per questo modello sono stati utilizzati i seguenti parametri di partenza:

- **batch size:** 128
- **epochs:** 100
- **optimizers:** adam
- **loss function:** categorical\_crossentropy

La struttura della prima iterazione del modello è:

- **input layer:** di tipo Input, con 81 neuroni;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 32 neuroni, funzione di attivazione tanh e kernel initializer di tipo RandomNormal;

- **hidden layer:** di tipo Dense, con 2 neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **output layer:** di tipo Activation, con 81 neuroni, funzione di attivazione softmax;

Questa configurazione e architettura sono risultate inefficienti per raggiungere le threshold di performance imposte dal problema. Tramite una procedura di trial and error è risultato benefico aumentare il batch\_size e le epoche. Un ulteriore miglioramento delle performance è stato ottenuto aggiungendo un layer fully connected all'architettura e aumentando i neuroni per layer. I parametri finali sono quindi:

- **batch size:** 512
- **epochs:** 200
- **optimizers:** adam
- **loss function:** categorical\_crossentropy

La struttura finale del modello è:

- **input layer:** di tipo Input, con 81 neuroni;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 256 neuroni, funzione di attivazione tanh e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 256 neuroni, funzione di attivazione tanh e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 2 neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **output layer:** di tipo Activation, con 81 neuroni, funzione di attivazione softmax;

#### 4.3.2 AutoEncoder

Layers	Epochs	Batch size	Optimizer	Loss
81/input_dim*0.8 /input_dim*0.2 /input_dim*0.8/ 81 - /relu/relu/- relu/tanh	200	65	adam	mean squared error

Tabella 7: AE di Federico

Analogamente al modello precedente, si è partiti da una architettura su cui, tramite un processo iterativo, si è definita la struttura finale del modello. Stati utilizzati i seguenti parametri di partenza:

- **batch size:** 128
- **epochs:** 100
- **optimizers:** adam
- **loss function:** categorical\_crossentropy

La struttura della prima iterazione del modello è:

- **input layer:** di tipo Input, con 81 neuroni;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 32 neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;

- **hidden layer:** di tipo Dense, con 2 neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con 32 neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **output layer:** di tipo Dense, con 81 neuroni, funzione di attivazione tanh;

Vista la struttura che una rete di tipo autoencoder deve avere, è stata definita la dimensione dei layer come una frazione della dimensione dell'input (81 neuroni). Inoltre il batch size è stato ridotto e sono state aumentate le epoche. E' stata inoltre impostata una funzione diversa per il parametro loss. I parametri finali sono quindi:

- **batch size:** 64
- **epochs:** 200
- **optimizers:** adam
- **loss function:** mean\_squared\_error

La struttura finale del modello è:

- **input layer:** di tipo Input, con 81 neuroni;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con  $\text{input\_dim} \times 0.8$  neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con  $\text{input\_dim} \times 0.2$  neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **hidden layer:** di tipo Dense, con  $\text{input\_dim} \times 0.8$  neuroni, funzione di attivazione relu e kernel initializer di tipo RandomNormal;
- **output layer:** di tipo Dense, con 81 neuroni, funzione di attivazione tanh;

## 5 Risultati

In questa sezione sono dettagliati i risultati ottenuti in fase di **validation** e **test** per ogni modello realizzato per ciascuna macchina utilizzata.

Platform	Validation score	Test score
<b>Macchina #1</b>	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.982 FPR: 0.000	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.974 FPR: 0.000
<b>Macchina #2</b>	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.982 FPR: 0.002	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.974 FPR: 0.003
<b>Macchina #3</b>	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.982 FPR: 0.001	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttpptest: 1 Slowloris: 0.974 FPR: 0.000

Tabella 8: FFNN di Gabriele



Platform	Validation score	Test score
Macchina #1	GoldenEye: 0.941 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.974 FPR: 0.049	GoldenEye: 0.956 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.982 Slowloris: 0.939 FPR: 0.045
Macchina #2	GoldenEye: 0.941 Hulk: 0.999 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 0.904 FPR: 0.048	GoldenEye: 0.956 Hulk: 0.999 Slowhttptest: 0.893 Slowloris: 0.868 FPR: 0.045
Macchina #3	GoldenEye: 0.951 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 0.965 FPR: 0.051	GoldenEye: 0.956 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.982 Slowloris: 0.904 FPR: 0.044

Tabella 9: AE di Gabriele

Platform	Validation score	Test score
Macchina #1	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.001	GoldenEye: 0.995 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.001
Macchina #2	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 1 FPR: 0.001	GoldenEye: 0.995 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 1 FPR: 0.002
Macchina #3	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.982 FPR: 0.000	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.974 FPR: 0.002

Tabella 10: FFNN di Federica

Platform	Validation score	Test score
Macchina #1	GoldenEye: 0.941 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 0.965 FPR: 0.047	GoldenEye: 0.956 Hulk: 0.999 Slowhttptest: 0.893 Slowloris: 0.939 FPR: 0.044
Macchina #2	GoldenEye: 0.941 Hulk: 0.998 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 0.965 FPR: 0.050	GoldenEye: 0.956 Hulk: 0.999 Slowhttptest: 0.893 Slowloris: 0.939 FPR: 0.046
Macchina #3	GoldenEye: 0.941 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.964 Slowloris: 0.965 FPR: 0.050	GoldenEye: 0.951 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.893 Slowloris: 0.930 FPR: 0.044

Tabella 11: AE di Federica

Platform	Validation score	Test score
Macchina #1	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.001	GoldenEye: 0.995 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.000
Macchina #2	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.000	GoldenEye: 0.990 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.000
Macchina #3	GoldenEye: 1 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.001	GoldenEye: 0.995 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 1 FPR: 0.000

Tabella 12: FFNN di Federico

Platform	Validation score	Test score
Macchina #1	GoldenEye: 0.946 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.939 FPR: 0.048	GoldenEye: 0.961 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.982 Slowloris: 0.886 FPR: 0.043
Macchina #2	GoldenEye: 0.951 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.851 FPR: 0.050	GoldenEye: 0.961 Hulk: 1 Slowhttptest: 0.982 Slowloris: 0.781 FPR: 0.041
Macchina #3	GoldenEye: 0.951 Hulk: 1 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.895 FPR: 0.048	GoldenEye: 0.961 Hulk: 0.999 Slowhttptest: 1 Slowloris: 0.868 FPR: 0.041

Tabella 13: AE di Federico

## 5.1 Modelli di Gabriele

In questa sezione sono riportati i risultati completi di tutte le esecuzioni sulle varie macchine dei modelli sviluppati da Gabriele.

### 5.1.1 Macchina #1 (Federico)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204      1.000      DoS GoldenEye
0        4626      1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
2        112      0.982      DoS Slowloris
-----
2        4998      total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN = 4999 | FP = 1
label -----|-----|-----
ATTACK (pos.) | FN = 2   | TP = 4998
              |-----|-----

Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000

```

(a) FFFN Results of Gabriele model on Machine #1 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204      1.000      DoS GoldenEye
0        4626      1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
3        111      0.974      DoS Slowloris
-----
3        4997      total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN = 4998 | FP = 2
label -----|-----|-----
ATTACK (pos.) | FN = 3   | TP = 4997
              |-----|-----

Metrics:
R = 0.999 P = 1.000 F1 score = 0.999 FPR = 0.000

```

(b) FFFN Results of Gabriele model on Machine #1 with test data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
12      192      0.941      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
3        111      0.974      DoS Slowloris
-----
17      4983     total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
-----|-----|-----|
label BENIGN (neg.) | TN = 4753 | FP = 247 |
      ATTACK (pos.) | FN = 17   | TP = 4983 |
-----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.997 P = 0.953 F1 score = 0.974 FPR = 0.049

```

(a) AE Results of Gabriele model on Machine #1 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
9        195      0.956      DoS GoldenEye
0        4626     1.000      DoS Hulk
1         55      0.982      DoS Slowhttptest
7        107      0.939      DoS Slowloris
-----
17      4983     total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
-----|-----|-----|
label BENIGN (neg.) | TN = 4777 | FP = 223 |
      ATTACK (pos.) | FN = 17   | TP = 4983 |
-----|-----|-----|

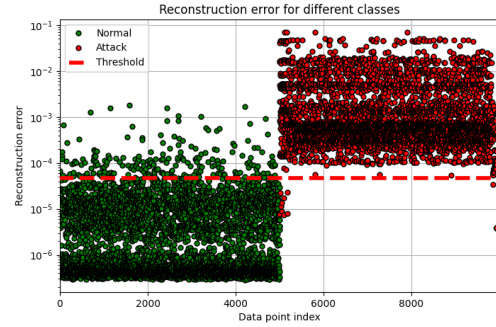
Metrics:
R = 0.997 P = 0.957 F1 score = 0.976 FPR = 0.045

```

(b) AE Results of Gabriele model on Machine #1 with test data



(a) AE Reconstruction error of Gabriele model on Machine #1 with validation data



(b) AE Reconstruction error of Gabriele model on Machine #1 with test data

### 5.1.2 Macchina #2 (Federica)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0       204     1.000      DoS GoldenEye
0       4626    1.000      DoS Hulk
0       56      1.000      DoS Slowhttptest
2       112     0.982      DoS Slowloris
----
2       4998    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN =    4989 | FP =     11
ATTACK (pos.) | FN =      2 | TP =    4998
Metrics:
R = 1.000 P = 0.998 F1 score = 0.999 FPR = 0.002
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) FFFN Results of Gabriele model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0       204     1.000      DoS GoldenEye
0       4626    1.000      DoS Hulk
0       56      1.000      DoS Slowhttptest
3       111     0.974      DoS Slowloris
----
3       4997    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN =    4987 | FP =     13
ATTACK (pos.) | FN =      3 | TP =    4997
Metrics:
R = 0.999 P = 0.997 F1 score = 0.998 FPR = 0.003

```

(b) FFFN Results of Gabriele model on Machine #2 with test data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
12      192     0.941      DoS GoldenEye
3       4623    0.999      DoS Hulk
2       54      0.964      DoS Slowhttptest
11      103     0.904      DoS Slowloris
----
28      4972    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN =    4760 | FP =    240
ATTACK (pos.) | FN =     28 | TP =    4972
Metrics:
R = 0.994 P = 0.954 F1 score = 0.974 FPR = 0.048
313/313 [=====] - 0s 1ms/step
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) AE Results of Gabriele model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
9       195     0.956      DoS GoldenEye
4       4622    0.999      DoS Hulk
6       50      0.893      DoS Slowhttptest
15      99      0.868      DoS Slowloris
----
34      4966    total

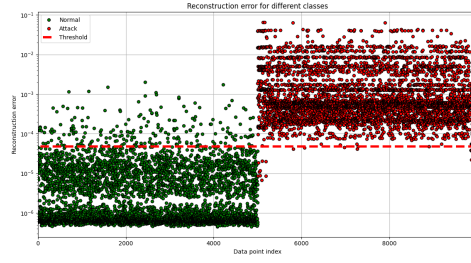
Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label -----|-----|-----
BENIGN (neg.) | TN =    4775 | FP =    225
ATTACK (pos.) | FN =     34 | TP =    4966
Metrics:
R = 0.993 P = 0.957 F1 score = 0.975 FPR = 0.045
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(b) AE Results of Gabriele model on Machine #2 with test data



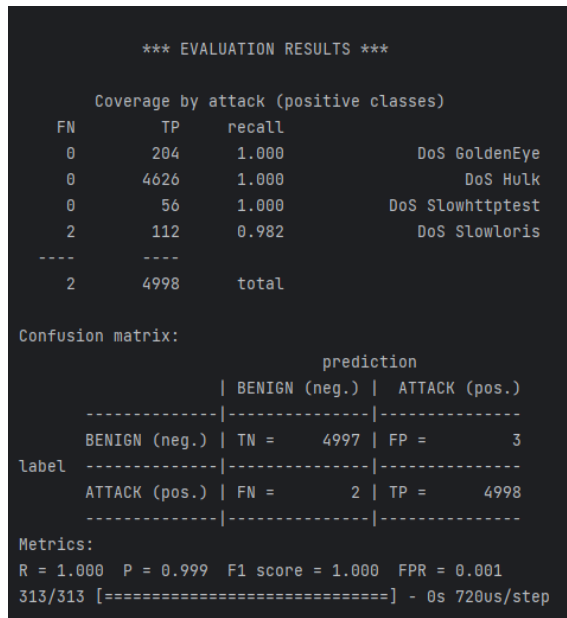
(a) AE Reconstruction error of Gabriele model on Machine #2 with validation data



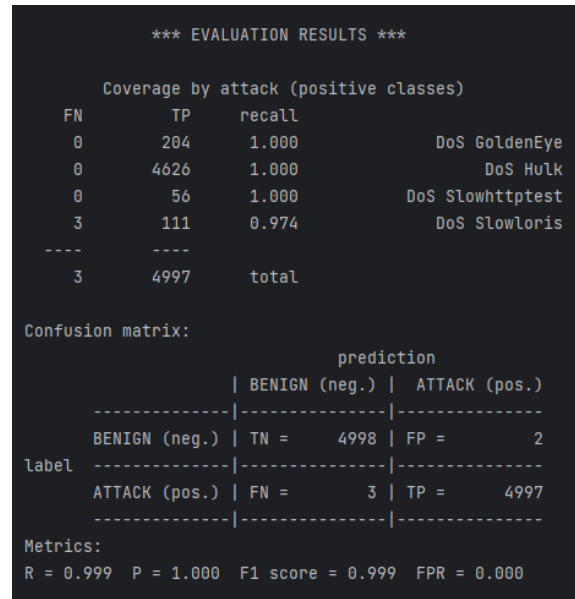
(b) AE Reconstruction error of Gabriele model on Machine #2 with test data

### 5.1.3 Macchina #3 (Gabriele)

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello FFNN



(a) FFFN Results of Gabriele model on Machine #3 with validation data



(b) FFFN Results of Gabriele model on Machine #3 with test data

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello AutoEncoder:

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
10      194      0.951      DoS GoldenEye
0       4626     1.000      DoS Hulk
2       54      0.964      DoS Slowhttpstest
4       110     0.965      DoS Slowloris
----
16      4984     total

Confusion matrix:
                    prediction
                    | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
-----|-----|-----|
label BENIGN (neg.) | TN = 4745 | FP = 255
label ATTACK (pos.) | FN = 16 | TP = 4984
-----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.997 P = 0.951 F1 score = 0.974 FPR = 0.051
313/313 [=====] - 0s 545us/step

```

(a) AutoEncoder Results of Gabriele model on Machine #3 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

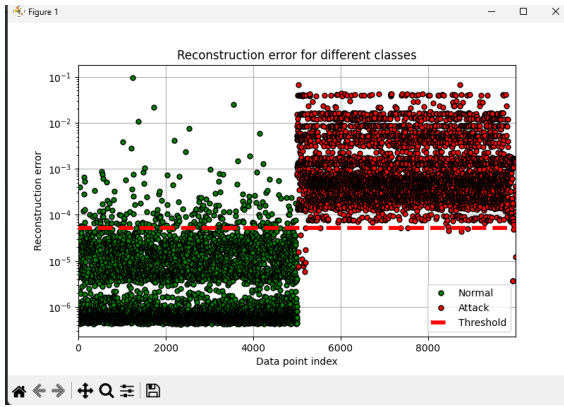
Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
9       195      0.956      DoS GoldenEye
0       4626     1.000      DoS Hulk
1       55      0.982      DoS Slowhttpstest
11      103     0.904      DoS Slowloris
----
21      4979     total

Confusion matrix:
                    prediction
                    | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
-----|-----|-----|
label BENIGN (neg.) | TN = 4781 | FP = 219
label ATTACK (pos.) | FN = 21 | TP = 4979
-----|-----|-----|

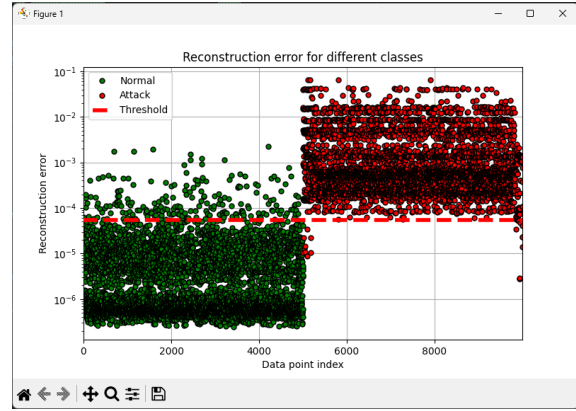
Metrics:
R = 0.996 P = 0.958 F1 score = 0.976 FPR = 0.044
313/313 [=====] - 0s 542us/step

```

(b) AutoEncoder Results of Gabriele model on Machine #3 with test data



(a) AutoEncoder Reconstruction error of Gabriele model on Machine #3 with validation data



(b) AutoEncoder Reconstruction error of Gabriele model on Machine #3 with test data

## 5.2 Modelli di Federica

### 5.2.1 Macchina #1 (Federico)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204      1.000      DoS GoldenEye
0        4626     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
0         114     1.000      DoS Slowloris
----
0        5000     total

Confusion matrix:
              prediction
              BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label BENIGN (neg.) | TN = 4993 | FP = 7
      ATTACK (pos.) | FN = 0 | TP = 5000

Metrics:
R = 1.000 P = 0.999 F1 score = 0.999 FPR = 0.001

```

(a) FFFN Results of Federica's model on Machine #1 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
1        203      0.995      DoS GoldenEye
0        4626     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
0         114     1.000      DoS Slowloris
----
1        4999     total

Confusion matrix:
              prediction
              BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label BENIGN (neg.) | TN = 4996 | FP = 4
      ATTACK (pos.) | FN = 1 | TP = 4999

Metrics:
R = 1.000 P = 0.999 F1 score = 1.000 FPR = 0.001

```

(b) FFFN Results of Federica's model on Machine #1 with test data

Di seguito sono riportati gli output per il modello AE.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
12       192      0.941      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
2         54      0.964      DoS Slowhttptest
4         110     0.965      DoS Slowloris
----
20       4980     total

Confusion matrix:
              prediction
              BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label BENIGN (neg.) | TN = 4764 | FP = 236
      ATTACK (pos.) | FN = 20 | TP = 4980

Metrics:
R = 0.996 P = 0.955 F1 score = 0.975 FPR = 0.047

```

(a) AE Results of Federica's model on Machine #1 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

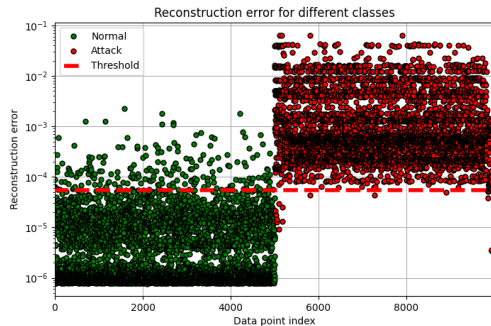
Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
9        195      0.956      DoS GoldenEye
3        4623     0.999      DoS Hulk
6         50      0.893      DoS Slowhttptest
7         107     0.939      DoS Slowloris
----
25       4975     total

Confusion matrix:
              prediction
              BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
label BENIGN (neg.) | TN = 4782 | FP = 218
      ATTACK (pos.) | FN = 25 | TP = 4975

Metrics:
R = 0.995 P = 0.958 F1 score = 0.976 FPR = 0.044

```

(b) AE Results of Federica's model on Machine #1 with test data



(a) AE Reconstruction error of Federica's model on Machine #1 with validation data



(b) AE Reconstruction error of Federica's model on Machine #1 with test data

### 5.2.2 Macchina #2 (Federica)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.



```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  0        204      1.000      DoS GoldenEye
  0       4626      1.000      DoS Hulk
  2         54      0.964      DoS Slowhttptest
  0        114      1.000      DoS Slowloris
  ----      ----
  2       4998      total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  ----|-----|-----|
  label BENIGN (neg.) | TN =    4993 | FP =         7
  ----|-----|-----|
  label ATTACK (pos.) | FN =         2 | TP =    4998
  ----|-----|-----|

Metrics:
R = 1.000 P = 0.999 F1 score = 0.999 FPR = 0.001
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) FFFN Results of Federica's model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  1        203      0.995      DoS GoldenEye
  0       4626      1.000      DoS Hulk
  2         54      0.964      DoS Slowhttptest
  0        114      1.000      DoS Slowloris
  ----      ----
  3       4997      total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  ----|-----|-----|
  label BENIGN (neg.) | TN =    4990 | FP =        10
  ----|-----|-----|
  label ATTACK (pos.) | FN =         3 | TP =    4997
  ----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.999 P = 0.998 F1 score = 0.999 FPR = 0.002

```

(b) FFFN Results of Federica's model on Machine #2 with test data

Di seguito sono riportati gli output per il modello AE.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  12       192      0.941      DoS GoldenEye
  7       4619      0.998      DoS Hulk
  2         54      0.964      DoS Slowhttptest
  4        110      0.965      DoS Slowloris
  ----      ----
  25       4975      total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  ----|-----|-----|
  label BENIGN (neg.) | TN =    4751 | FP =       249
  ----|-----|-----|
  label ATTACK (pos.) | FN =        25 | TP =    4975
  ----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.995 P = 0.952 F1 score = 0.973 FPR = 0.050
313/313 [=====] - 0s 1ms/step
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) AE Results of Federica's model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

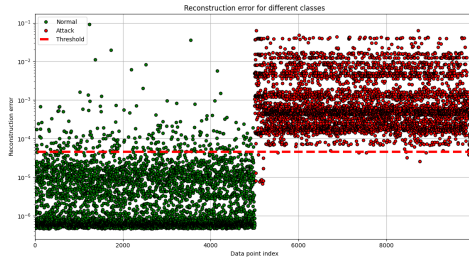
Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  9        195      0.956      DoS GoldenEye
  5       4621      0.999      DoS Hulk
  6         50      0.893      DoS Slowhttptest
  7        107      0.939      DoS Slowloris
  ----      ----
  27       4973      total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  ----|-----|-----|
  label BENIGN (neg.) | TN =    4772 | FP =       228
  ----|-----|-----|
  label ATTACK (pos.) | FN =        27 | TP =    4973
  ----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.995 P = 0.956 F1 score = 0.975 FPR = 0.046
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(b) AE Results of Federica's model on Machine #2 with test data



(a) AE Reconstruction error of Federica's model on Machine #2 with validation data



(b) AE Reconstruction error of Federica's model on Machine #2 with test data

### 5.2.3 Macchina #3 (Gabriele)

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello FFNN

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204    1.000      DoS GoldenEye
0       4626    1.000      DoS Hulk
0         56    1.000      DoS Slowhttptest
2        112    0.982      DoS Slowloris
----
2       4998    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN = 4998 | FP = 2
      ATTACK (pos.) | FN = 2   | TP = 4998
-----|-----|-----

Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000

```

(a) FFFN Results of Federica's model on Machine #3 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204    1.000      DoS GoldenEye
0       4626    1.000      DoS Hulk
0         56    1.000      DoS Slowhttptest
3        111    0.974      DoS Slowloris
----
3       4997    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN = 4992 | FP = 8
      ATTACK (pos.) | FN = 3   | TP = 4997
-----|-----|-----

Metrics:
R = 0.999 P = 0.998 F1 score = 0.999 FPR = 0.002

```

(b) FFFN Results of Federica's model on Machine #3 with test data

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello AutoEncoder:

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  12      192     0.941      DoS GoldenEye
  0       4626    1.000      DoS Hulk
  2       54      0.964      DoS Slowhttptest
  4       110     0.965      DoS Slowloris
  ---      ---
  18      4982    total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  -----|-----|-----|
  BENIGN (neg.) | TN = 4751 | FP = 249
label -----|-----|-----|
  ATTACK (pos.) | FN = 18 | TP = 4982
  -----|-----|-----|

Metrics:
R = 0.996 P = 0.952 F1 score = 0.974 FPR = 0.050

```

(a) AutoEncoder Results of Federica's model on Machine #3 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

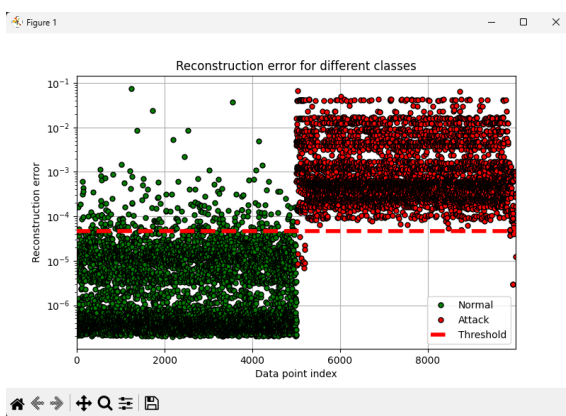
Coverage by attack (positive classes)
  FN      TP      recall
  10      194     0.951      DoS GoldenEye
  1       4625    1.000      DoS Hulk
  6       50      0.893      DoS Slowhttptest
  8       106     0.930      DoS Slowloris
  ---      ---
  25      4975    total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  -----|-----|-----|
  BENIGN (neg.) | TN = 4782 | FP = 218
label -----|-----|-----|
  ATTACK (pos.) | FN = 25 | TP = 4975
  -----|-----|-----|

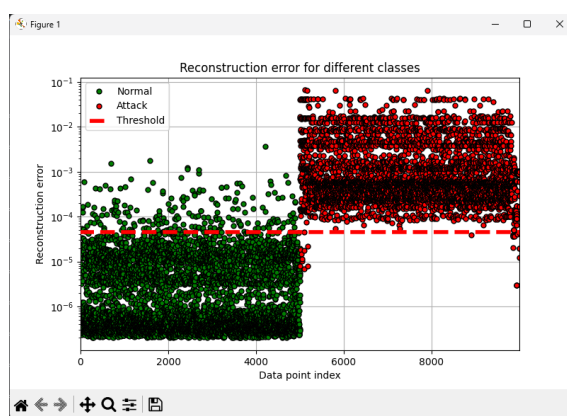
Metrics:
R = 0.995 P = 0.958 F1 score = 0.976 FPR = 0.044

```

(b) AutoEncoder Results of Federica's model on Machine #3 with test data



(a) AutoEncoder Reconstruction error of Federica's model on Machine #3 with validation data



(b) AutoEncoder Reconstruction error of Federica's model on Machine #3 with test data

## 5.3 Modelli di Federico

### 5.3.1 Macchina #1 (Federico)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204      1.000      DoS GoldenEye
0        4626     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
0        114      1.000      DoS Slowloris
-----
0        5000     total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----|
BENIGN (neg.) | TN = 4997 | FP = 3 |
ATTACK (pos.) | FN = 0 | TP = 5000 |
Metrics:
R = 1.000 P = 0.999 F1 score = 1.000 FPR = 0.001

```

(a) FFFN Results of Federico's model on Machine #1 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
1        203      0.995      DoS GoldenEye
0        4626     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
0        114      1.000      DoS Slowloris
-----
1        4999     total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----|
BENIGN (neg.) | TN = 5000 | FP = 0 |
ATTACK (pos.) | FN = 1 | TP = 4999 |
Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000

```

(b) FFFN Results of Federico's model on Machine #1 with test data

Di seguito sono riportati gli output per il modello AE.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
11       193      0.946      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
0         56      1.000      DoS Slowhttptest
7         107      0.939      DoS Slowloris
-----
20       4980     total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----|
BENIGN (neg.) | TN = 4759 | FP = 241 |
ATTACK (pos.) | FN = 20 | TP = 4980 |
Metrics:
R = 0.996 P = 0.954 F1 score = 0.974 FPR = 0.048

```

(a) AE Results of Federico's model on Machine #1 with validation data

```

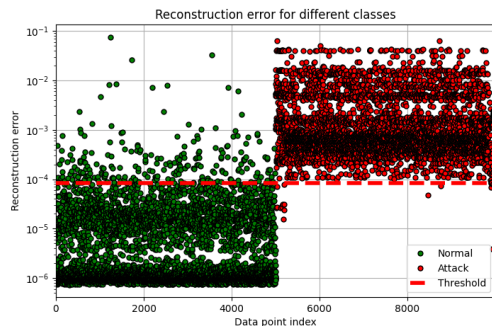
*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
8        196      0.961      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
1         55      0.982      DoS Slowhttptest
13       101      0.886      DoS Slowloris
-----
24       4976     total

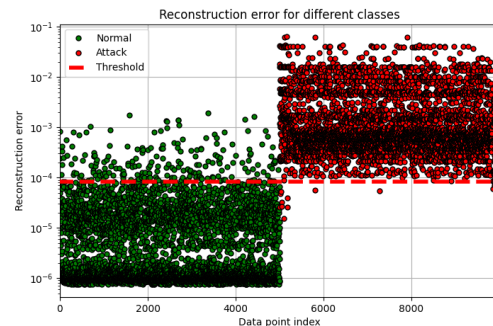
Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
label -----|-----|-----|
BENIGN (neg.) | TN = 4786 | FP = 214 |
ATTACK (pos.) | FN = 24 | TP = 4976 |
Metrics:
R = 0.995 P = 0.959 F1 score = 0.977 FPR = 0.043

```

(b) AE Results of Federico's model on Machine #1 with test data



(a) AE Reconstruction error of Federico's model on Machine #1 with validation data



(b) AE Reconstruction error of Federico's model on Machine #1 with test data

### 5.3.2 Macchina #2 (Federica)

Di seguito sono riportati gli output per il modello FFNN.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
0        204     1.000      DoS GoldenEye
0       4626     1.000      DoS Hulk
0         56     1.000      DoS Slowhttptest
0        114     1.000      DoS Slowloris
----      ----
0       5000     total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN =    4998 | FP =         2
-----|-----|-----
      ATTACK (pos.) | FN =         0 | TP =    5000
-----|-----|-----

Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) FFFN Results of Federico's model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
2        202     0.990      DoS GoldenEye
0       4626     1.000      DoS Hulk
0         56     1.000      DoS Slowhttptest
0        114     1.000      DoS Slowloris
----      ----
2       4998     total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN =    4999 | FP =         1
-----|-----|-----
      ATTACK (pos.) | FN =         2 | TP =    4998
-----|-----|-----

Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000

```

(b) FFFN Results of Federico's model on Machine #2 with test data

Di seguito sono riportati gli output per il modello AE.

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
10       194     0.951      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
0         56     1.000      DoS Slowhttptest
17        97     0.851      DoS Slowloris
----      ----
29       4971     total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN =    4750 | FP =    250
-----|-----|-----
      ATTACK (pos.) | FN =        29 | TP =    4971
-----|-----|-----

Metrics:
R = 0.994 P = 0.952 F1 score = 0.973 FPR = 0.050
313/313 [=====] - 0s 1ms/step
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(a) AE Results of Federico's model on Machine #2 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

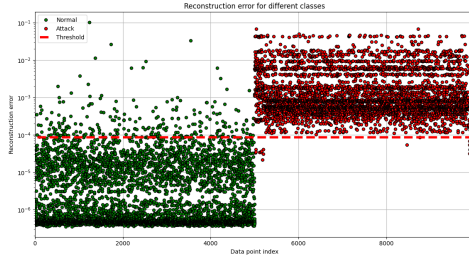
Coverage by attack (positive classes)
FN      TP      recall
8        196     0.961      DoS GoldenEye
2        4624     1.000      DoS Hulk
1         55     0.982      DoS Slowhttptest
25        89     0.781      DoS Slowloris
----      ----
36       4964     total

Confusion matrix:
                        prediction
                        | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.)
-----|-----|-----
label BENIGN (neg.) | TN =    4793 | FP =    207
-----|-----|-----
      ATTACK (pos.) | FN =        36 | TP =    4964
-----|-----|-----

Metrics:
R = 0.993 P = 0.960 F1 score = 0.976 FPR = 0.041
313/313 [=====] - 0s 1ms/step

```

(b) AE Results of Federico's model on Machine #2 with test data



(a) AE Reconstruction error of Federico's model on Machine #2 with validation data



(b) AE Reconstruction error of Federico's model on Machine #2 with test data

### 5.3.3 Macchina #3 (Gabriele)

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello FFNN

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN    TP    recall
  0      204    1.000    DoS GoldenEye
  0     4626    1.000    DoS Hulk
  0       56    1.000    DoS Slowhttptest
  0      114    1.000    DoS Slowloris
  ---
  0     5000    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  label -----|-----|-----
  BENIGN (neg.) | TN = 4997 | FP = 3
  ATTACK (pos.) | FN = 0 | TP = 5000

Metrics:
R = 1.000 P = 0.999 F1 score = 1.000 FPR = 0.001

```

(a) FFFN Results of Federico's model on Machine #3 with validation data

```

*** EVALUATION RESULTS ***

Coverage by attack (positive classes)
  FN    TP    recall
  1      203    0.995    DoS GoldenEye
  0     4626    1.000    DoS Hulk
  0       56    1.000    DoS Slowhttptest
  0      114    1.000    DoS Slowloris
  ---
  1     4999    total

Confusion matrix:
              prediction
              | BENIGN (neg.) | ATTACK (pos.) |
  label -----|-----|-----
  BENIGN (neg.) | TN = 5000 | FP = 0
  ATTACK (pos.) | FN = 1 | TP = 4999

Metrics:
R = 1.000 P = 1.000 F1 score = 1.000 FPR = 0.000

```

(b) FFFN Results of Federico's model on Machine #3 with test data

Di seguito sono riportate le evidenze di esecuzione del modello AutoEncoder:

\*\*\* EVALUATION RESULTS \*\*\*

Coverage by attack (positive classes)

FN	TP	recall	
10	194	0.951	DoS GoldenEye
1	4625	1.000	DoS Hulk
0	56	1.000	DoS Slowhttptest
12	102	0.895	DoS Slowloris
----	----		
23	4977	total	

Confusion matrix:

	prediction	
	BENIGN (neg.)	ATTACK (pos.)
BENIGN (neg.)	TN = 4758	FP = 242
label		
ATTACK (pos.)	FN = 23	TP = 4977

Metrics:

R = 0.995 P = 0.954 F1 score = 0.974 FPR = 0.048

(a) AutoEncoder Results of Federico's model on Machine #3 with validation data

\*\*\* EVALUATION RESULTS \*\*\*

Coverage by attack (positive classes)

FN	TP	recall	
8	196	0.961	DoS GoldenEye
3	4623	0.999	DoS Hulk
0	56	1.000	DoS Slowhttptest
15	99	0.868	DoS Slowloris
----	----		
26	4974	total	

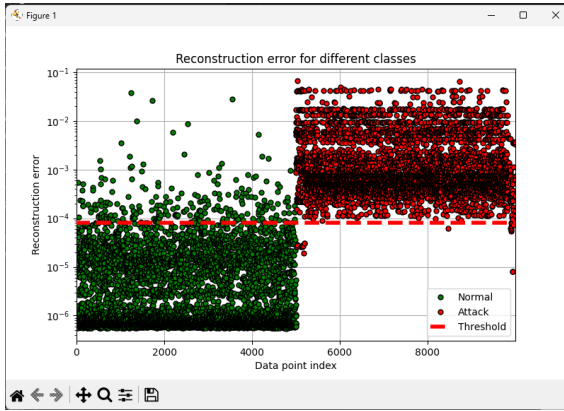
Confusion matrix:

	prediction	
	BENIGN (neg.)	ATTACK (pos.)
BENIGN (neg.)	TN = 4795	FP = 205
label		
ATTACK (pos.)	FN = 26	TP = 4974

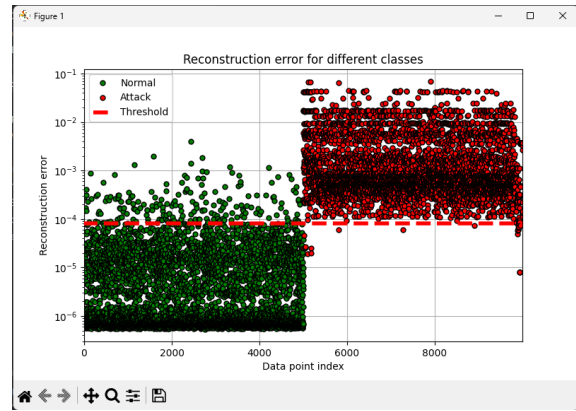
Metrics:

R = 0.995 P = 0.960 F1 score = 0.977 FPR = 0.041

(b) AutoEncoder Results of Federico's model on Machine #3 with test data



(a) AutoEncoder Reconstruction error of Federico's model on Machine #3 with validation data



(b) AutoEncoder Reconstruction error of Federico's model on Machine #3 with test data