

1. W pierwszej kolejności do programu pobrany został plik z danymi (letters.data). Z pliku wyodrębnione zostały elementy właściwego zestawu (1, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 17, 21)

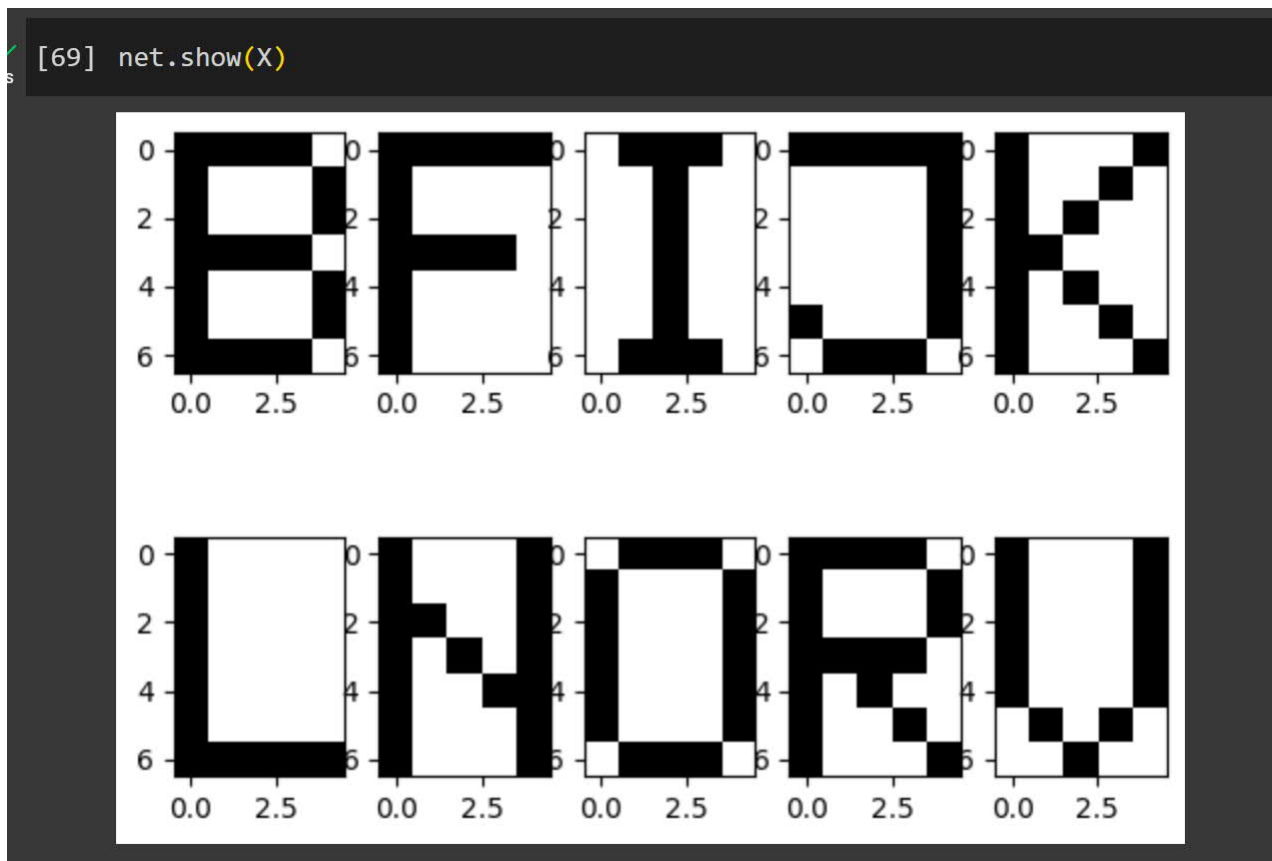
2. Poniżej dane zapisane do zmiennej X:

```
array([[ 1,  1,  1,  1, -1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
        1,  1,  1, -1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,  1,
        1,  1, -1],
       [ 1,  1,  1,  1,  1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1,
        1,  1,  1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1,
       -1, -1, -1],
       [-1,  1,  1,  1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1,
       -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1,  1,
        1,  1, -1],
       [ 1,  1,  1,  1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1,
       -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1, -1,
        1,  1, -1],
       [ 1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1,  1, -1,  1, -1,  1, -1, -1,  1,
        1, -1, -1, -1,  1, -1,  1, -1, -1,  1, -1, -1,  1, -1,
       -1, -1,  1],
       [ 1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1,
       -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
        1,  1,  1],
       [ 1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,  1, -1, -1,  1,  1,
       -1,  1, -1,  1,  1, -1, -1,  1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1,
       -1, -1,  1],
       [-1,  1,  1,  1, -1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
       -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
        1,  1, -1],
       [ 1,  1,  1,  1, -1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
        1,  1,  1, -1,  1, -1,  1, -1, -1,  1, -1, -1,  1, -1,
       -1, -1,  1],
       [ 1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1,  1,
       -1, -1, -1,  1,  1, -1, -1, -1,  1, -1,  1, -1, -1, -1,
        1, -1, -1]])
```

Dane zapisane do zmiennej y:

```
y
array([[ 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1]])
```

2. Stworzono obiekt SLP i dane zapisane jak powyżej wyświetlono na wykresach:



3. Następnie uruchomiono uczenie perceptronów przy pomocy funkcji `fit(X, y)`, oraz wyświetlono wyniki `predict(X)`:

```
net.fit(X, y)
```

```
[71] net.predict(X)
```

```
array([[ 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1],
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1]])
```

4. Wyświetlona zostaje zawartość errors_ - suma błędów na których uczyły się perceptrony:

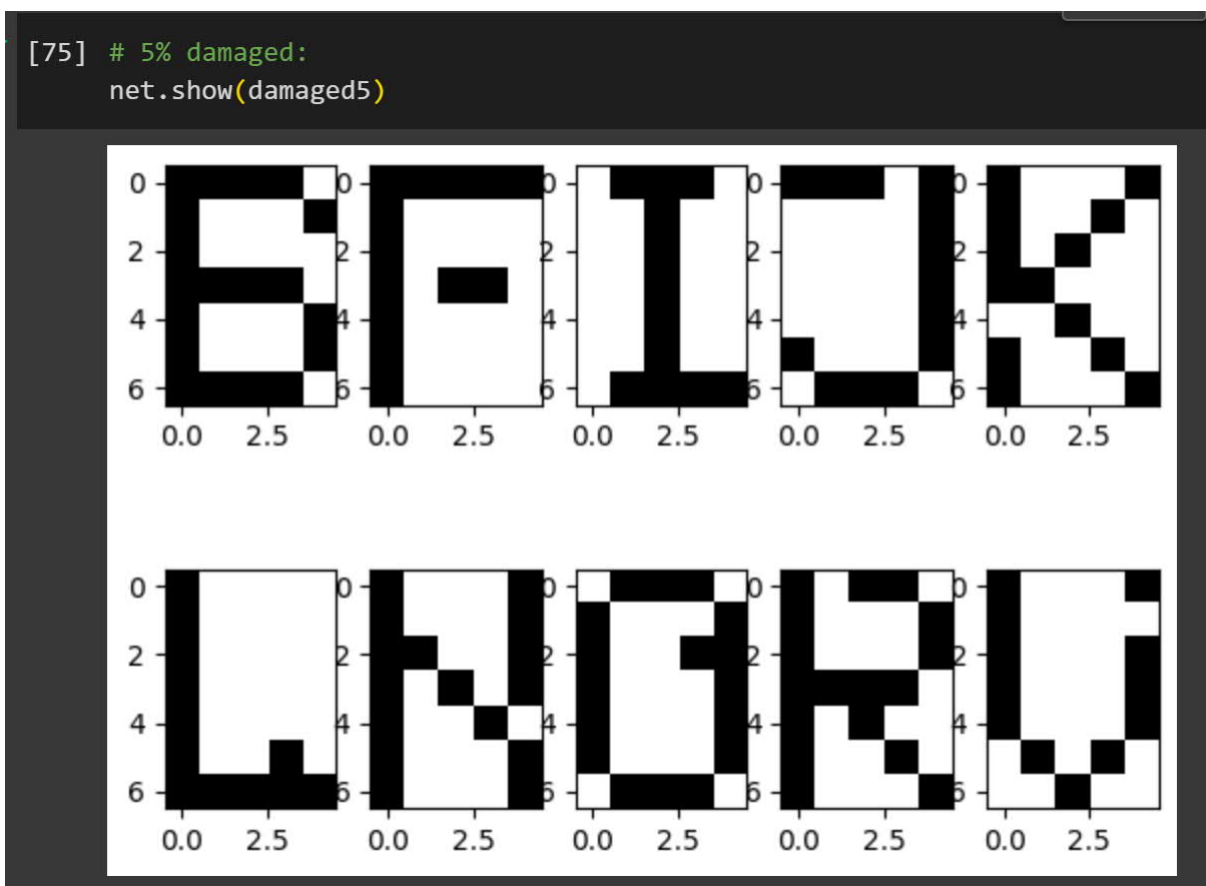
```
net.errors_  
[30, 14, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```

5. Przy pomocy funkcji misclassified porównane zostały wyniki obliczeń i wyniki oczekiwane, zliczając ilość różnic. Ilość różnic wyświetlono na ekranie:

```
[73] net.misclassified(X, y)  
0
```

6. W kolejnym kroku przy pomocy funkcji damage() utworzone zostały 3 nowe zbiory na podstawie zbioru X. Każdy z nich został uszkodzony odpowiednio o 5, 15, i 40 procent.

7. Wygląd uszkodzonego o 5% zbioru danych:



✓
0s



```
net.predict(damaged5)
```

```
array([[ 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1, -1],  
       [-1, -1,  1, -1, -1, -1, -1, -1,  1, -1],  
       [-1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1,  1]])
```

✓
0s

```
[77] net.misclassified(damaged5, y)
```

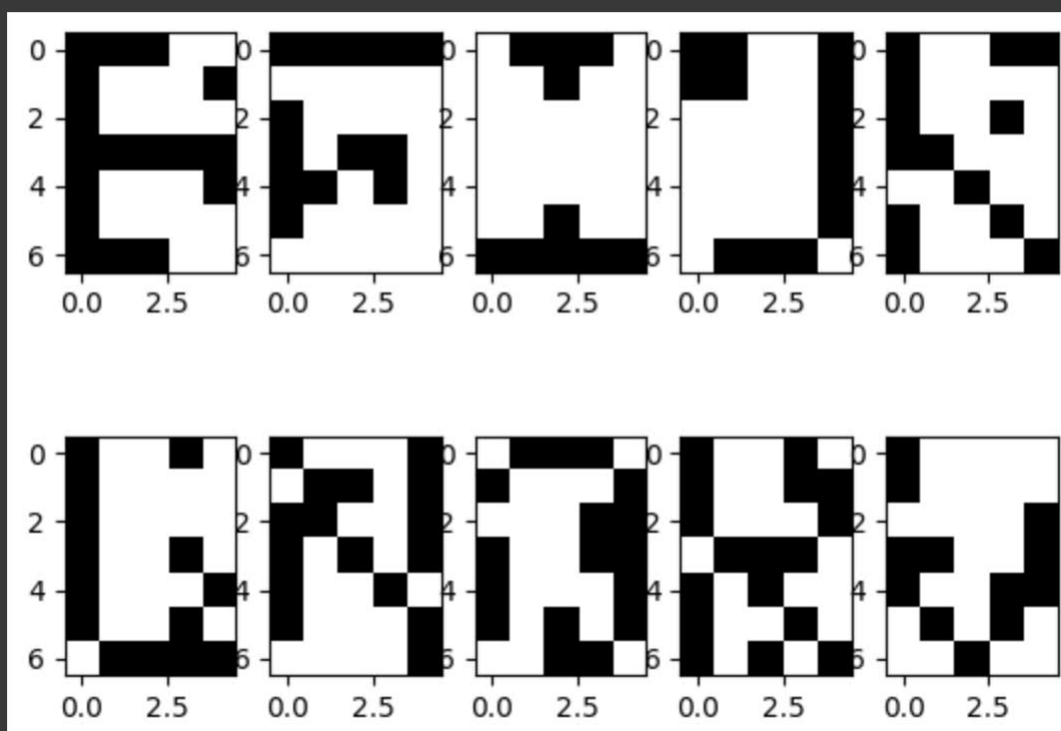
2

Dane zostały zniekształcone, co skutkuje skrzywieniem liter, oraz pojawieniem się różnic widocznych po wywołaniu metody `missclassified`.

8. Wygląd zbioru uszkodzonego o 15%:

✓
1s

```
[78] # 15% damaged:  
net.show(damaged15)
```



```
✓ [79] net.predict(damaged15)
0s
array([[ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,   1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,   1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1]])
```

```
✓ [80] net.misclassified(damaged15, y)
0s
3
```

Ilość różnic nie wzrosła jeszcze drastycznie, ale litery już przestają być czytelne.

9. Wygląd zbioru uszkodzonego o 40%:



✓
0s

```
[82] net.predict(damaged40)
```

```
array([[ -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,  -1,  -1,   1,   1,   1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,   1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,   1,   1,  -1,  -1,   1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,   1,  -1,   1,   1,  -1,  -1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1,   1,  -1,   1,  -1],
       [ -1,  -1,  -1,  -1,  -1,  -1,   1,   1,  -1,  -1],
       [ -1,   1,   1,  -1,   1,  -1,  -1,  -1,   1,  -1],
       [ -1,  -1,   1,   1,  -1,  -1,   1,   1,   1,  -1]])
```

✓
0s



```
net.misclassified(damaged40, y)
```

27

Litery stały się kompletnie nieczytelne a ilość różnic wzrosła dziewięciokrotnie.