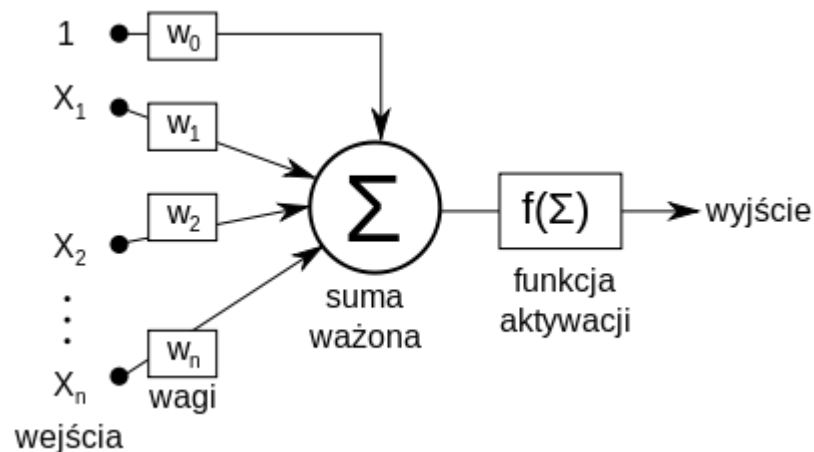


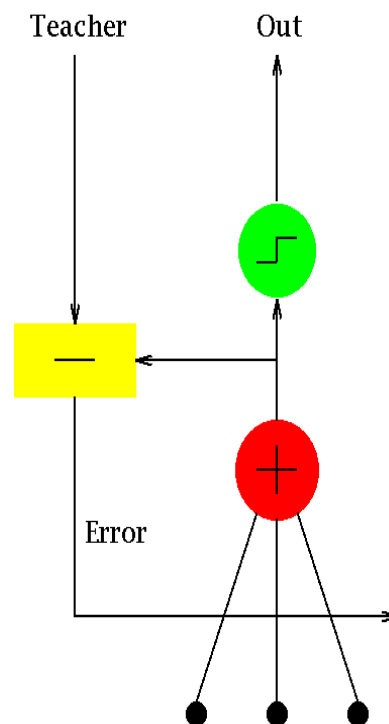
Celem ćwiczenia było poznanie budowy i działania jednowarstwowych sieci neuronowych oraz uczenie rozpoznawania wielkości liter.

1) Syntetyczny opis budowy wykorzystanego algorytmu uczenia:

Aby wykonać ćwiczenie stworzyłem dwie jednowarstwowe sieci – każdą z wykorzystaniem innego algorytmu. Pierwsza z nich korzysta z modelu perceptronu McCullocha-Pittsa, druga z kolei wykorzystuje neuron typu Adaline.

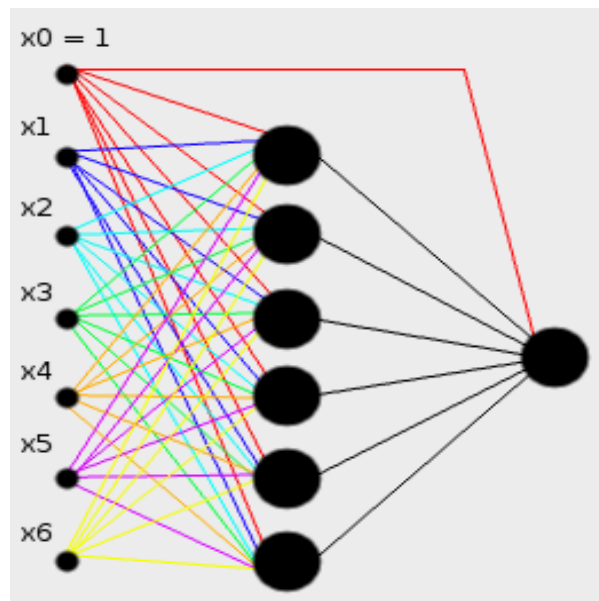


Ilustracja 1: Model perceptronu McCullocha-Pittsa



Ilustracja 2: Model neuronu Adaline

Obie sieci składają się z siedmiu neuronów. Sześć pierwszych stanowi pierwszą warstwę i przesyła sygnały wyjściowe do siódmego wyjściowego neuronu. Każdy z neuronów otrzymuje po siedem sygnałów wejściowych. Sposób w jaki wszystko zostało połączone przedstawiam na poniższej grafice:



Ilustracja 3: Graficzne zilustrowanie połączeń w sieci

Do nauki perceptronów oraz adaline wykorzystałem algorytm Widrow-Hoffa.

Do budowy perceptronu wykorzystałem podany na wykładzie model McCullocha-Pittsa. Zaimplementowana przeze mnie klasa Perceptron składa się z trzech metod: `active`, `process` oraz `learn`.

Metoda **active** wykorzystuje unipolarną funkcję progową która zwraca wynik 0 lub 1 dla podanego argumentu.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } w \cdot x + b > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Metoda **process** sumuje iloczyn sygnałów wejściowych i odpowiadających im wag. Uruchamia metodę `activate` z otrzymaną sumą iloczynów jako parametrem, oraz zwraca wynik tej metody.

$$\sum_{i=1}^m w_i x_i$$

Metoda **learn** wywołuje metodę `process` dla otrzymanych wejść jako parametrów, po czym na podstawie otrzymanego wyniku modyfikuje wszystkie wagi dla odpowiednich wejść.

$$W_i = W_i + (y - y') * x_i * \alpha$$

Budowa adaline jest bardzo podobna do budowy perceptronu. Różni się tylko tym, że modyfikowanie wag wykonuje się z pominięciem funkcji aktywacji. Zaimplementowana przeze mnie klasa Adaline składa się z czterech metod: active, process, learn oraz test.

Metoda **active** wykorzystuje unipolarną funkcję progową która zwraca wynik -1 lub 1 dla podanego argumentu.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } w \cdot x + b > 0 \\ -1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Metoda **process** sumuje iloczyn sygnałów wejściowych i odpowiadających im wag, oraz zwraca ten wynik.

$$\sum_{i=1}^m w_i x_i$$

Metoda **learn** wywołuje metodę process dla otrzymanych wejść jako parametrów, po czym na podstawie otrzymanego wyniku modyfikuje wszystkie wagi dla odpowiednich wejść.

$$W_i = W_i + (y - y') * x_i * \alpha$$

Metoda **test** uruchamia metodę active z wynikiem metody process jako parametrem.

2) Zestawienie otrzymanych wyników:

Jako dane uczące i testujące wykorzystałem własnoręcznie stworzone litery alfabetu. Są one przedstawione jako dwuwymiarowa tablica o rozmiarach 7 x 5. Przedstawiam je poniżej:

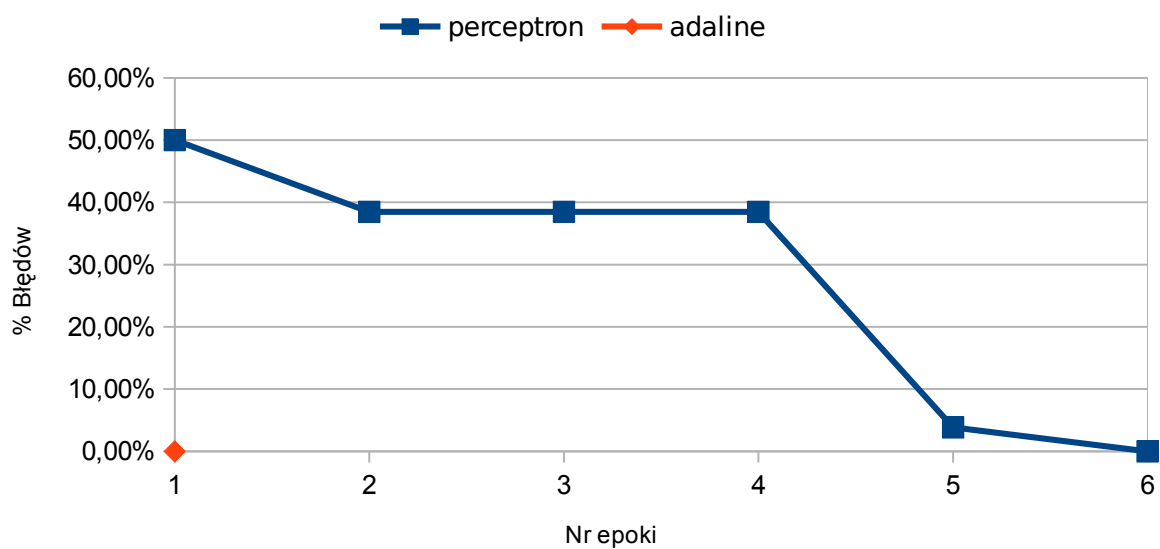
<div>00100 01010 10001 11111 10001 10001 10001</div>	<div>00000 00000 00000 01110 10010 10010 01111</div>	<div>11110 10001 10001 11110 10001 10001 11110</div>	<div>10000 10000 10000 11100 10010 10010 11100</div>	<div>01111 10000 10000 10000 10000 10000 01111</div>	<div>00000 00000 00000 01110 10000 10000 01110</div>	<div>11110 10001 10001 10001 10001 10001 11110</div>	<div>00010 00010 00010 01110 10010 10010 01110</div>	<div>11111 10000 10000 11111 10000 10000 11111</div>	<div>00000 00000 00000 01100 10100 11000 01110</div>
<div>11111 10000 10000 11111 10000 10000 10000</div>	<div>00000 01100 10000 11110 10000 10000 10000</div>	<div>01111 10000 10000 10011 10001 10001 01111</div>	<div>00000 00000 00100 01010 00110 00010 01100</div>	<div>10001 10001 10001 11111 10001 10001 10001</div>	<div>10000 10000 10000 11100 10100 10100 10100</div>	<div>00100 00100 00100 00100 00100 00100 00100</div>	<div>00000 00000 00000 00100 00000 00000 00100</div>	<div>01110 00010 00010 00011 00110 01010 00100</div>	<div>00000 00100 00000 00100 00100 00100 01100</div>
<div>10001 10010 10100 11000 10100 10010 10001</div>	<div>10000 10100 10100 11000 10100 10100 10100</div>	<div>00100 00100 00100 00100 00100 00100 00111</div>	<div>10000 10000 10000 10000 10000 10000 11000</div>	<div>01010 10101 10101 10001 10001 10001 10001</div>	<div>00000 00000 00000 00000 01010 10101 10001</div>	<div>11001 11001 10101 10101 10101 10011 10011</div>	<div>00000 00000 00000 00000 01110 01010 01010</div>	<div>01110 10001 10001 10001 10001 10001 01110</div>	<div>00000 00000 00000 00000 00100 01010 00100</div>

<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	1	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																								
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																											

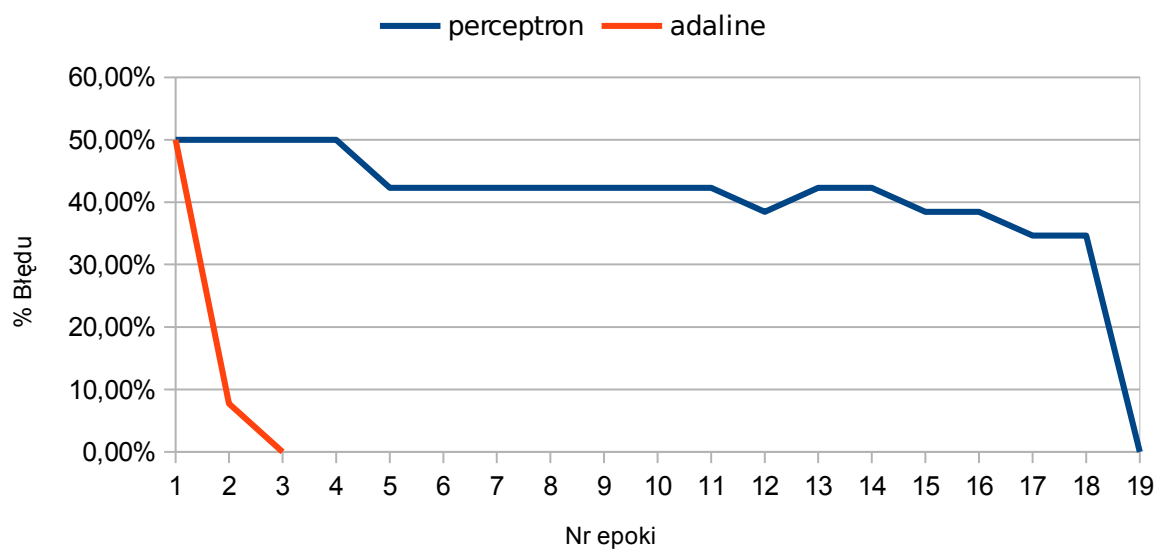
Tablicę 7 x 5 podzieliłem na 6 pod obszarów. Każdy z nich to jeden sygnał wejściowy do neuronów. Jeżeli w danym obszarze pojawił się choćby jeden piksel z litery to obszar zwracał sygnał 1, w przeciwnym wypadku zwracał sygnał 0. Poniżej sposób podziału tablicy na obszary, oraz przykład wyniku dla dużej i małej litery „M”:

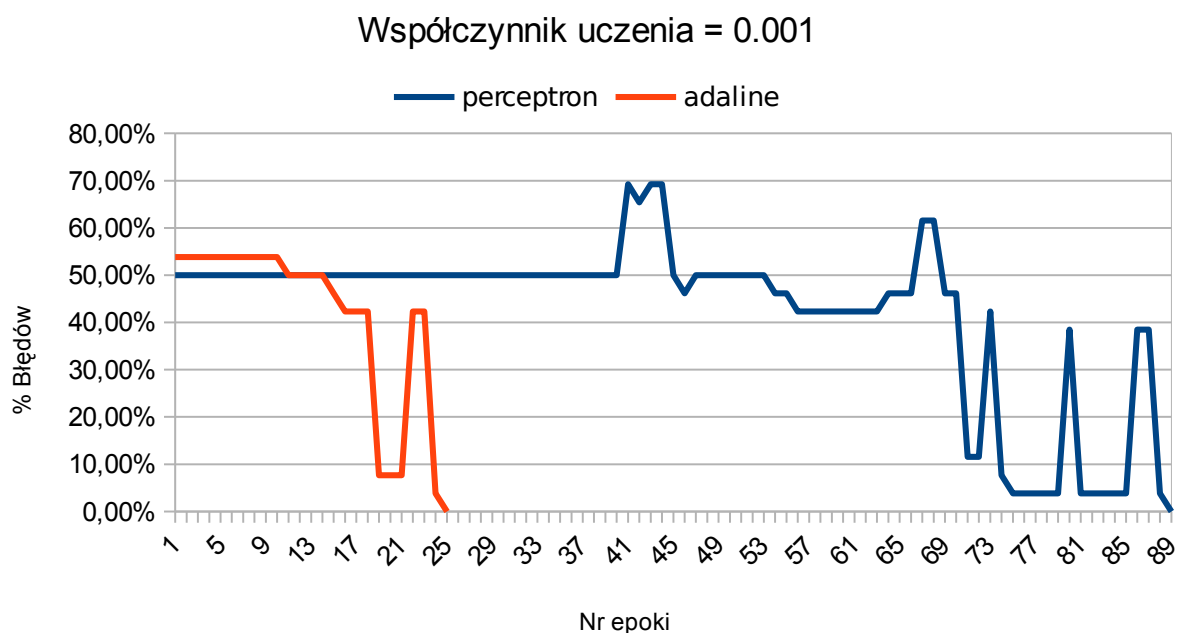
Przygotowałem 26 dużych i małych liter alfabetu. Pierwszą połowę z nich użyłem jako dane uczące a drugą połowę jako dane testujące. Proces uczenia przeprowadziłem kilkakrotnie dla różnych współczynników uczenia. Wagi początkowe dobierane są w sposób losowy, co wpływa na wyniki uczenia się, dlatego przy każdym współczynniku uczenia wykonałem kilka testów i wybrałem najlepsze rezultaty. Poniżej przedstawiam wyniki:

Współczynnik uczenia = 0.1

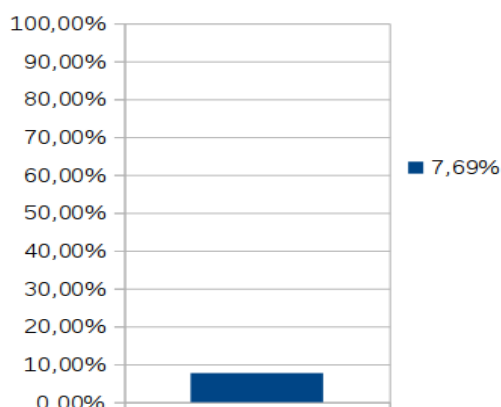


Współczynnik uczenia = 0.01





Błąd testowania perceptronu
dla współczynnika uczenia = 0.001



3) Analiza i dyskusja błędów uczenia i testowania opracowanych sieci w zależności od wartości współczynnika uczenia oraz wybranego algorytmu:

Zarówno w przypadku neuronu typu perceptron oraz adaline widać, że im mniejszy współczynnik uczenia, tym więcej epok zajęło nauczenie się rozpoznawania wielkości liter. Jeśli jednak porównać oba te algorytmy, to widać sporą różnicę. Przy współczynniku uczenia:

- 0.1 - perceptron 6 epok, adaline 1 epoka
- 0.01 – perceptron 19 epok, adaline 3 epoki
- 0.001 – perceptron 89 epok, adaline 25 epok

W każdym przypadku uczenia wykonałem również testowanie na pozostałej połowie liter alfabetu. W prawie wszystkich przypadkach błąd przy testowaniu wynosił 0%. Jedynie w przypadku współczynnika uczenia 0.001 błąd przy testowaniu perceptronu wynosił 7,69%. Mogły to spowodować znacznie różniące się od innych litery takie jak np. litera „s”. Dane te zostały wybrane jako najlepsze ze wszystkich jakie uzyskałem w trakcie testów.

Dodatkowo jeżeli spojrzeć na wykresy, można zauważyć, głównie przy tych niższych współczynnikach uczenia, jak % błędów czasami skacze z niższych na wyższe wartości. Prawdopodobnie spowodowane było to podobieństwem między niektórymi wielkimi i małymi literami takimi jak np.: B b, F f, L l.

4) Sformułowanie wniosków:

Z powyższych danych jasno wynika, iż neuron typu adaline jest o wiele wydajniejszy niż perceptron. Niezależnie od współczynnika uczenia zawsze uczył się kilkukrotnie szybciej, dodatkowo podczas testowania jego błąd zawsze wynosił 0%. Wynika to z tego w jaki sposób uczy się adaline. Otóż modyfikowanie wag następuje przed funkcją aktywacji. Oznacza to, że jeżeli wartość oczekiwana będzie się znacznie różnić od wartości wyliczonej, to wagi również zostaną znacznie zmodyfikowane. Z kolei jeżeli popełniony błąd będzie niewielki, to wagi również zostaną niewiele zmienione. Co więcej, adaline różni się od perceptronu jeszcze w jednej kwestii. W przypadku perceptronu, gdzie sygnały wejściowe, tak jak i sygnały wyjściowe to 0 lub 1, modyfikacja wag będzie się odbywać tylko i wyłącznie poprzez zwiększanie ich wartości. Jeśli chodzi o adaline, to sygnały wejściowe jak i wyjściowe to -1 lub 1. Dzięki temu modyfikacja wag może odbywać się nie tylko poprzez zwiększanie ich wartości, ale także poprzez ich zmniejszanie, co znacznie poprawia dokładność.

5) Listing całego kodu

```
package perceptron;

import java.util.Random;

public class Perceptron {
    private int noi; //ilość wejść
    private double[] w; //wagi
    public Perceptron ( int numbers_of_inputs ) {
        noi = numbers_of_inputs;
        w = new double[noi];
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            w[i] = new Random().nextDouble(); //wagi początkowe są losowane
    }

    //funkcja aktywująca
    private int active ( double y_p ) {
        return y_p < 0 ? 0 : 1;
    }

    //sumator
    public int process ( int[] x ) {
        double y_p = 0;
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            y_p += x[i] * w[i];
        return active( y_p );
    }

    //uczenie
    public void learn ( int[] x, double y, double lr ) {
        double y_p = process( x );
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            w[i] += ( y - y_p ) * lr * x[i]; //modyfikacja wag
    }
}
```

```
package perceptron;

import alphabet.Alphabet;
import java.util.Arrays;
public class Main_perceptron {
    public static void main ( String[] args ) {

        int noi = 7; //ilość wejść
        int nol = 13; //ilość liter MAX 26
        int counter = 0; //licznik ilości epok uczenia się
        double lr = 0.1; //krok uczenia się

        Perceptron[] perc = new Perceptron[noi];
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            perc[i] = new Perceptron( noi );

        int[] y = new int[nol * 2]; //0 - duża litera, 1 - mała litera
        Arrays.fill( y, 0, nol, 0 );
        Arrays.fill( y, nol, nol * 2, 1 );
    }
}
```

```

int[] wyj = new int[nol * 2]; //tablica przechowująca wyniki testowania perceptronu
Arrays.fill( wyj, 0, nol * 2, 0 );

while ( ! Arrays.equals( y, wyj ) ) {
    for ( int i = 0; i < 2; i++ ) //0 - wielkie litery, 1 - małe litery
        for ( int j = 0; j < nol; j++ )
            learn( perc, noi, lr, i, j );

    wyj = test( perc, nol, noi );
    counter++;
}
System.out.println( "Ilość kroków do nauczenia się = " + counter );
}

public static void learn ( Perceptron[] perc, int noi, double lr, int i, int j ) {
    int[] vector; //tablica przechowująca wektor sygnałów wejściowych do uczenia pierwszej warstwy sieci
    vector = Alphabet.getLetter( i, j );

    int[] vector_p = new int[noi]; //tablica przechowująca wektor sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy sieci
    vector_p[0] = 1; //bias

    for ( int k = 0; k < noi - 1; k++ ) { //uczenie pierwszej warstwy
        perc[k].learn( vector, i, lr );
        vector_p[k + 1] = perc[k].process( vector ); //pobranie sygnału wyjściowego
    }
    perc[noi - 1].learn( vector_p, i, lr ); //uczenie perceptronu wynikowego
    //na podstawie sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy
}

public static int[] test ( Perceptron[] perc, int nol, int noi ) {
    int[] wyj = new int[nol * 2];
    int[] vector; //tablica przechowująca wektor sygnałów wejściowych do testowania pierwszej warstwy sieci
    int[] vector_p = new int[noi]; //tablica przechowująca wektor sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy sieci
    vector_p[0] = 1; //bias

    for ( int i = 0; i < 2; i++ ) { //testowanie, celem upewnienia się, czy sieć już nauczona
        for ( int j = 0; j < nol; j++ ) {
            vector = Alphabet.getLetter( i, j );

            for ( int k = 0; k < noi - 1; k++ )
                vector_p[k + 1] = perc[k].process( vector );

            wyj[i * nol + j] = perc[noi - 1].process( vector_p );
        }
    }
    return wyj;
}
}

```

```

package adaline;

import java.util.Random;
public class Adaline {

    private int noi; //ilość wejść
    private double[] w; //wagi

    public Adaline ( int numbers_of_inputs ) {
        noi = numbers_of_inputs;
        w = new double[noi];
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            w[i] = new Random().nextDouble(); //wagi początkowe są losowane
    }

    //funkcja aktywująca
    private int active ( double y_p ) {
        return y_p <= 0 ? (-1) : 1;
    }

    //sumator
    public double process ( int[] x ) {
        double y_p = 0;
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            y_p += x[i] * w[i];
        return y_p;
    }

    //uczenie
    public void learn ( int[] x, double y, double lr ) {
        double y_p = process( x );
        for ( int i = 0; i < noi; i++ )
            w[i] += ( y - y_p ) * lr * x[i]; //modyfikacja wag
    }

    //testowanie
    public int test ( int[] x )
    {
        return ( active( process( x ) ) );
    }
}

```

```

package adaline;

import alphabet.Alphabet;
import java.util.Arrays;

public class Main_adaline {
    public static void main ( String[] args ) {

        int noi = 7; //ilość wejść
    }
}

```



```

int nol = 13;          //ilość liter MAX 26
int counter = 0;       //licznik ilości epok uczenia się
double lr = 0.1;      //krok uczenia się

Adaline[] ada = new Adaline[nol];
for ( int i = 0; i < nol; i++ )
    ada[i] = new Adaline( nol );

int[] y = new int[nol * 2];    //-1 - duża litera, 1 - mała litera
Arrays.fill( y, 0, nol, -1 );
Arrays.fill( y, nol, nol * 2, 1 );
int[] wyj = new int[nol * 2];  //tablica przechowująca wyniki testowania adaline
Arrays.fill( wyj, 0, nol * 2, 0 );

while ( ! Arrays.equals( y, wyj ) ) {
    for ( int i = 0; i < 2; i++ ) {    //-1 - wielkie litery, 1 - małe litery
        for ( int j = 0; j < nol; j++ )
            learn( ada, noi, lr, i, j );
        wyj = test( ada, nol, noi );
        counter++;
    }
    System.out.println( "Ilość kroków do nauczania się = " + counter );
}

private static void learn ( Adaline[] ada, int noi, double lr, int i, int j ) {
    int[] vector;          //tablica przechowująca wektor sygnałów wejściowych do uczenia pierwszej warstwy sieci
    vector = Alphabet.getLetter( i, j );
    format( vector );

    int[] vector_p = new int[nol]; //tablica przechowująca wektor sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy sieci
    vector_p[0] = 1; //bias
    int letter_size;

    if ( i == 0 ) letter_size = -1;
    else letter_size = 1;

    for ( int k = 0; k < noi - 1; k++ ) {    //uczenie pierwszej warstwy
        ada[k].learn( vector, letter_size, lr );
        vector_p[k + 1] = ada[k].test( vector );    //pobranie sygnału wyjściowego
    }
    ada[noi - 1].learn( vector_p, letter_size, lr );    //uczenie perceptronu wynikowego
    //na podstawie sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy
}

private static int[] test ( Adaline[] ada, int nol, int noi ) {
    int[] wyj = new int[nol * 2];
    int[] vector;          //tablica przechowująca wektor sygnałów wejściowych do testowania pierwszej warstwy sieci
    int[] vector_p = new int[nol]; //tablica przechowująca wektor sygnałów wyjściowych pierwszej warstwy sieci
    vector_p[0] = 1; //bias

    for ( int i = 0; i < 2; i++ ) { //testowanie, celem upewnienia się, czy sieć już nauczona
        for ( int j = 0; j < nol; j++ ) {
            vector = Alphabet.getLetter( i, j );
            format( vector );

            for ( int k = 0; k < noi - 1; k++ )
                vector_p[k + 1] = ada[k].test( vector );

            wyj[i * nol + j] = ada[noi - 1].test( vector_p );
        }
    }
    return wyj;
}

//w przypadku adaline sygnały wejściowe = 0 muszą być zamienione na sygnały -1
private static void format( int[] vector ) {
    for ( int k = 0; k < vector.length; k++ )
        if ( vector[k] == 0 ) vector[k] = -1;
}
}

```

```

package alphabet;

import java.util.Arrays;
public class Alphabet {
    static int[][][] letters = {
        //wielkie litery
        { { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, // A 0
          { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, // B 1
          { 0, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 1 }, // C 2
          { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, // D 3
          { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, // E 4
          { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, // F 5
          { 0, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 1, 1, 1 }, // G 6
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, // H 7
          { 0, 0, 1, 0, 1 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // I 8
          { 0, 0, 1, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, // J 9
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, // K 10
          { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 1, 1 }, // L 11
          { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, // M 12
          { 1, 1, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, // N 13
          { 0, 0, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // O 14
          { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, // P 15
          { 0, 0, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // Q 16
          { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, // R 17
          { 0, 0, 1, 1, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, // S 18
          { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // T 19
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // U 20
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // V 21
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // W 22
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // X 23
          { 1, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // Y 24
          { 1, 1, 1, 1, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 1, 1, 1, 1 }, // Z 25
        },
        //małe litery
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 1 }, // a 0
          { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 1, 1, 0, 0 }, // b 1
          { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // c 2
        }
    }
}

```

```

        { { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // d 3
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 1, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // e 4
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, // f 5
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 1, 0 }, { 0, 0, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 1, 0, 0 }, // g 6
        { { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, // h 7
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // i 8
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // j 9
        { { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 1, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, // k 10
        { { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, // l 11
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 1, 0, 0, 0, 1 }, // m 12
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // n 13
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // o 14
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 0, 0, 0 }, // p 15
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // q 16
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // r 17
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 1, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 1, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // s 18
        { { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 1, 0, 0 }, // t 19
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 1, 1, 0 }, // u 20
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 1 }, { 1, 0, 1, 0, 1 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, // v 21
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // w 22
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, // x 23
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, // y 24
        { { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 0, 0, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, { 0, 0, 1, 0, 0 }, { 0, 1, 0, 0, 0 }, { 1, 1, 1, 1, 0 }, // z 25
    }
}

};
//zwraca wektor sygnałów wejściowych zależny od danej litery
public static int[] getLetter ( int size, int letter ) {
    int[] ret = new int[7];
    Arrays.fill( ret, 1, 6, 0 );
    ret[0] = 1;
    //sektor 1
    for ( int i = 0; i < 3; i++ )
        for ( int j = 0; j < 2; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[1] = 1;
    //sektor 2
    for ( int i = 0; i < 3; i++ )
        for ( int j = 2; j < 3; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[2] = 1;
    //sektor 3
    for ( int i = 0; i < 3; i++ )
        for ( int j = 3; j < 5; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[3] = 1;
    //sektor 4
    for ( int i = 3; i < 7; i++ )
        for ( int j = 0; j < 2; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[4] = 1;
    //sektor 5
    for ( int i = 3; i < 7; i++ )
        for ( int j = 2; j < 3; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[5] = 1;
    //sektor 6
    for ( int i = 3; i < 7; i++ )
        for ( int j = 3; j < 5; j++ )
            if ( letters[size][letter][i][j] == 1 )
                ret[6] = 1;
    return ret;
}
}

```

Bibliografia:

https://pl.wikipedia.org/wiki/Neuron_McCullocha-Pittsa

<https://en.wikipedia.org/wiki/ADALINE>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Perceptron>