**Podstawy Sztucznej Inteligencji – Laboratorium nr 4**

Wykonał: Kamil Wieniecki

Temat ćwiczenia: Uczenie sieci regułą Hebba.

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie działania reguły Hebba na przykładzie rozpoznawania emotikon

1. Realizacja ćwiczenia

Wybrany przeze mnie język programowania do wykonania laboratorium to **Python.**

Do zrealizowania ćwiczenia wykorzystałem neurony o strukturze modelu sigmoidalnego z metodą uczenia Hebba. Metoda uczenia występuje w dwóch wersjach – z nauczycielem oraz bez nauczyciela. Sposoby modyfikacji wag opisane są wzorami:

**Δwij = learning\_rate \* yj \* yi** gdzie:

1. Learning\_rate – współczynnik uczenia
2. yj – sygnał wejściowy
3. yi – sygnał wyjściowy
4. Ze współczynnikiem zapominania:

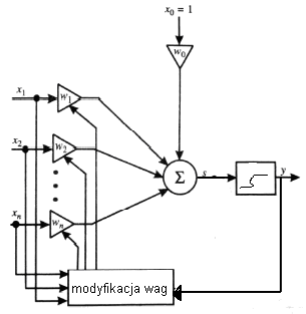
**wij(k+1) = (1-γ) \***  **wij(k) + Δwij** gdzie:

1. γ – współczynnik zapominania
2. Bez współczynnika zapominania:

**wij(k+1) = wij(k) + Δwij**

Modyfikacja wag jak widać w powyższych wzorach zależna jest od sygnału podanego na wejściu jak i sygnału wyjściowego.

Schemat modelu Hebba przedstawiony jest następująco:



Normalizacja wag (metoda normalize\_weights) polega na podziale każdej składowej wektora przez długość tego wektora, co zapobiega nadmiernemu wzrostowi wag. Wzór jest postaci:



Model Hebba wykorzystuje funkcje aktywacji postaci funkcji unipolarnej sigmoidalnej, która przedstawia się następująco:

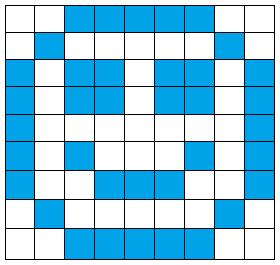
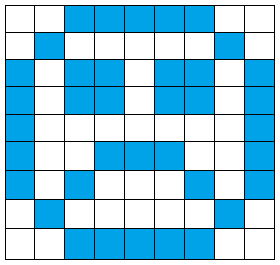
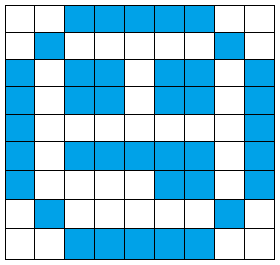
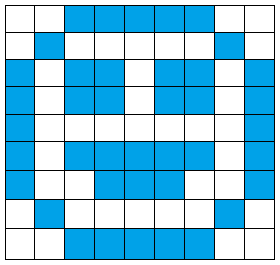
Metoda sumująca klasy Hebb zwraca sumę iloczynów wag oraz sygnałów wejściowych:

**y = ∑ wj \* xj**

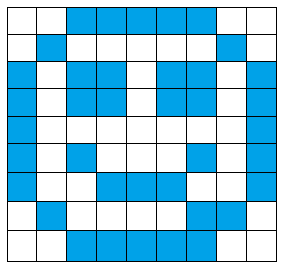
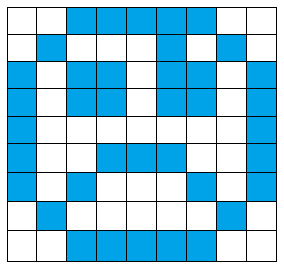
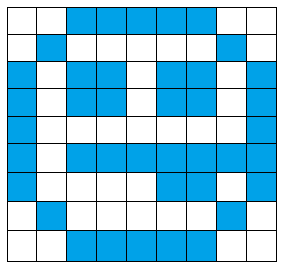
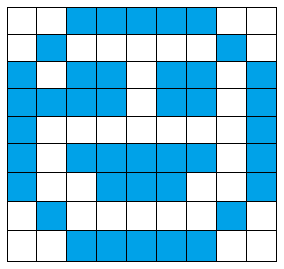
Metoda learn\_without\_supervising uczy poprzez modyfikacje wag neuronu ze współczynnikiem zapominania jak i również bez niego.

Metoda test zwraca sygnał wyjściowy.

Dane wejściowe w postaci wygenerowanych przeze mnie emotikonów przedstawiają się następująco:



Dodałem jeden pixel do każdej emotikony, który powodował zniekształcenie. Szablony z dodatkowym pixelem wyglądają następująco:



Każdy pixel to jeden sygnał wejściowy, więc wejść dla każdego neuronu jest 9x9 + 1 (BIAS) = 82.

Proces uczenia oraz testów przeprowadziłem dla wersji ze współczynnikiem zapominania jak i bez niego. Oto wyniki testów dla różnych wartości współczynników uczenia i zapominania.

1. Wyniki

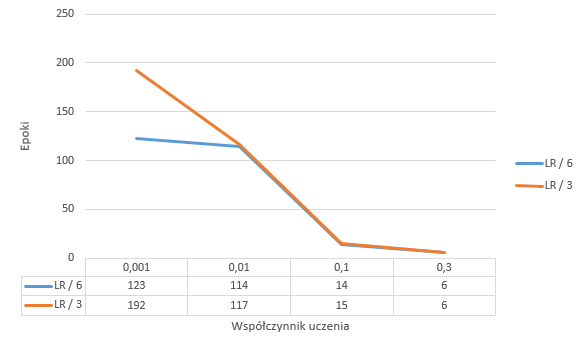
Tabela z modyfikacją wag wraz ze współczynnikiem zapominania.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Learning Rate | 0.001 | | 0.01 | | 0.1 | | 0.3 | |
| Lp. | Forgetting Rate | LR / 6 | LR / 3 | LR / 6 | LR / 3 | LR / 6 | LR / 3 | LR / 6 | LR / 3 |
| 1 | % poprawności [%] | 100 | 25 | 50 | 75 | 75 | 25 | 50 | 50 |
| Ilość epok | 123 | 101 | 6 | 3 | 2 | 15 | 1 | 1 |
| 2 | % poprawności [%] | 75 | 75 | 75 | 75 | 50 | 25 | 25 | 50 |
| Ilość epok | 65 | 192 | 114 | 9 | 2 | 2 | 6 | 1 |
| 3 | % poprawności [%] | 25 | 75 | 50 | 25 | 50 | 50 | 75 | 50 |
| Ilość epok | 119 | 43 | 17 | 115 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 4 | % poprawności [%] | 50 | 50 | 75 | 75 | 75 | 75 | 25 | 50 |
| Ilość epok | 111 | 125 | 14 | 7 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| 5 | % poprawności [%] | 50 | 100 | 75 | 75 | 50 | 50 | 50 | 25 |
| Ilość epok | 121 | 127 | 16 | 7 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 6 | % poprawności [%] | 50 | 75 | 50 | 25 | 50 | 50 | 75 | 50 |
| Ilość epok | 112 | 98 | 4 | 14 | 1 | 1 | 6 | 6 |
| 7 | % poprawności [%] | 50 | 25 | 25 | 50 | 75 | 100 | 75 | 50 |
| Ilość epok | 77 | 82 | 8 | 117 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | % poprawności [%] | 50 | 75 | 50 | 75 | 75 | 25 | 75 | 25 |
| Ilość epok | 90 | 156 | 8 | 10 | 1 | 14 | 1 | 2 |
| 9 | % poprawności [%] | 100 | 75 | 25 | 25 | 75 | 50 | 75 | 25 |
| Ilość epok | 78 | 81 | 25 | 13 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| 10 | % poprawności [%] | 50 | 25 | 50 | 50 | 50 | 75 | 75 | 50 |
| Ilość epok | 97 | 75 | 112 | 6 | 14 | 2 | 1 | 1 |

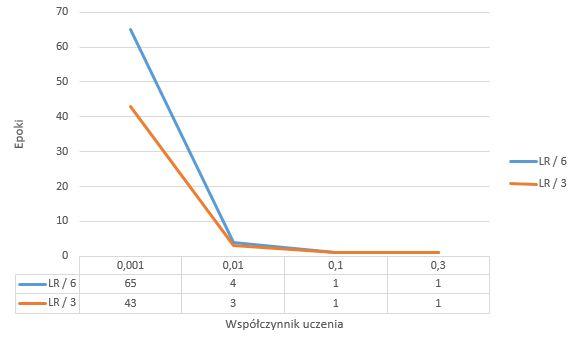
Tabela modyfikacji wag bez współczynnika zapominania

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Learning Rate | 0.001 | 0.01 | | 0.1 | | 0.3 | |
| 1 | % poprawności [%] | 100 | 75 | 75 | | 75 | |
| Ilość epok | 79 | 112 | 2 | | 1 | |
| 2 | % poprawności [%] | 50 | 25 | 75 | | 75 | |
| Ilość epok | 19 | 5 | 1 | | 1 | |
| 3 | % poprawności [%] | 75 | 100 | 75 | | 50 | |
| Ilość epok | 85 | 107 | 2 | | 1 | |
| 4 | % poprawności [%] | 75 | 75 | 75 | | 50 | |
| Ilość epok | 41 | 114 | 2 | | 1 | |
| 5 | % poprawności [%] | 50 | 75 | 50 | | 75 | |
| Ilość epok | 127 | 117 | 1 | | 1 | |
| 6 | % poprawności [%] | 50 | 75 | 75 | | 75 | |
| Ilość epok | 100 | 6 | 1 | | 6 | |
| 7 | % poprawności [%] | 50 | 50 | 75 | | 100 | |
| Ilość epok | 150 | 10 | 1 | | 2 | |
| 8 | % poprawności [%] | 75 | 50 | 75 | | 50 | |
| Ilość epok | 121 | 9 | 2 | | 1 | |
| 9 | % poprawności [%] | 50 | 75 | 50 | | 75 | |
| Ilość epok | 31 | 9 | 2 | | 6 | |
| 10 | % poprawności [%] | 100 | 75 | 25 | | 75 | |
| Ilość epok | 52 | 6 | 2 | | 1 | |

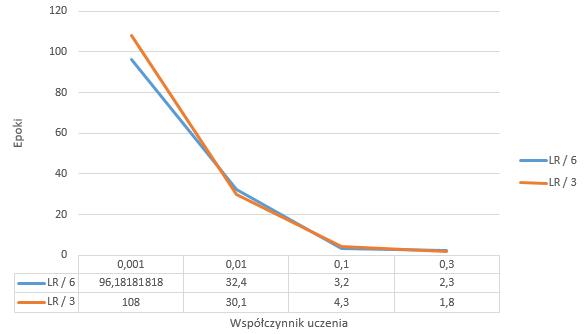
Maksymalna ilość epok potrzebna do nauki ze współczynnikiem zapominania



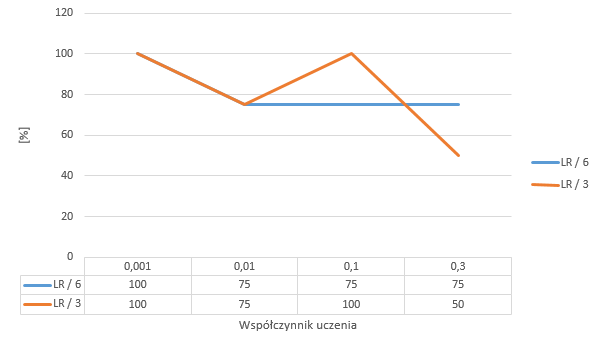
Minimalna ilość epok potrzebna do nauczenia ze współczynnikiem zapominania



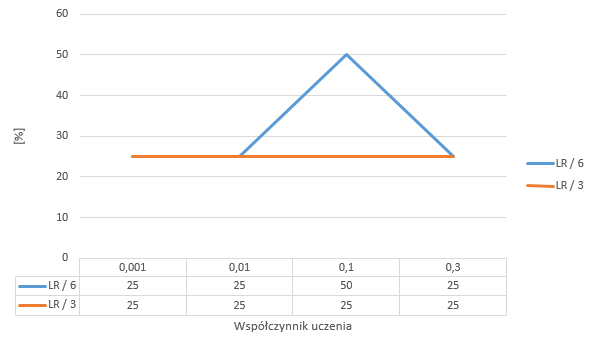
Średnia ilość epok potrzebnych do nauczenia ze współczynnikiem zapominania



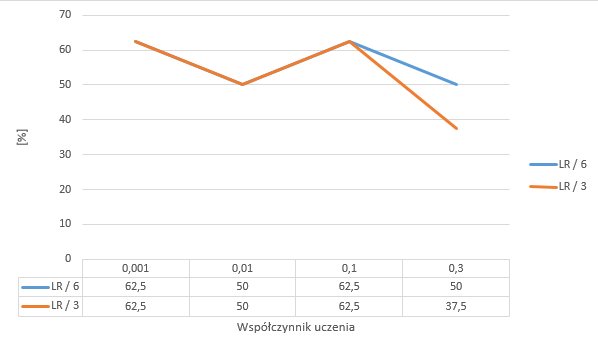
Maksymalna poprawność uczenia sieci ze współczynnikiem zapominania



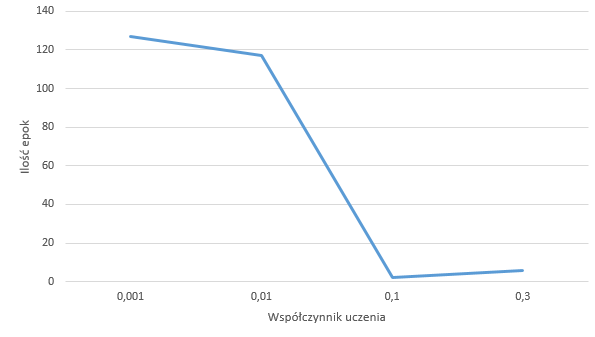
Minimalna poprawność uczenia sieci ze współczynnikiem zapominania



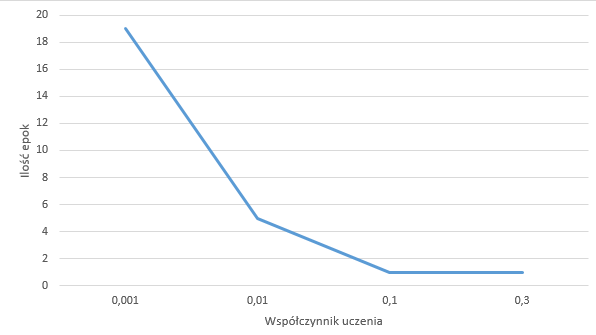
Średnia poprawność uczenia sieci ze współczynnikiem zapominania



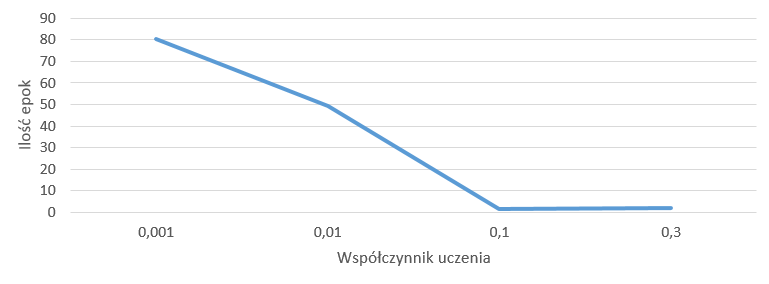
Maksymalna ilość epok potrzebna do nauki bez współczynnika zapominania



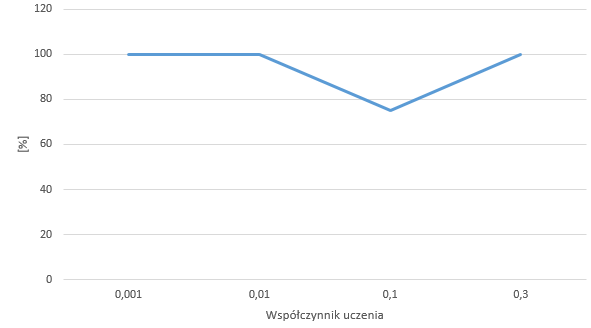
Minimalna ilość epok potrzebna do nauki bez współczynnika zapominania



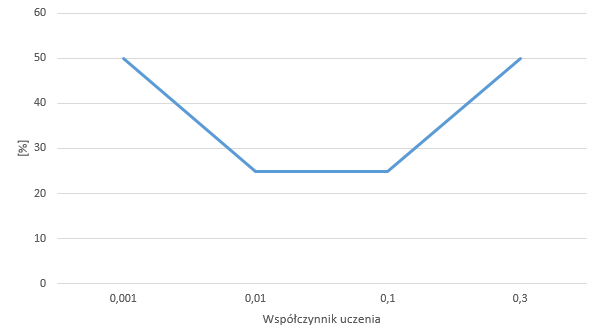
Średnia ilość epok potrzebna do nauki bez współczynnika zapominania



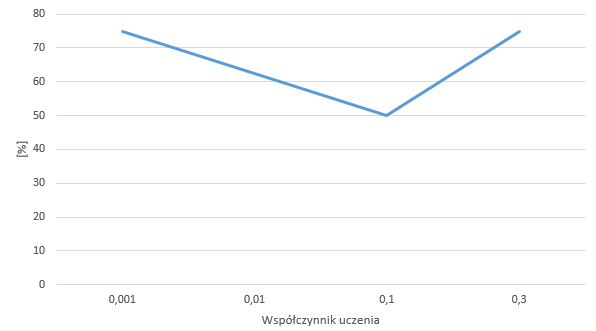
Maksymalna poprawność nauki bez współczynnika zapominania



Minimalna poprawność nauki bez współczynnika zapominania



Średnia poprawność nauki bez współczynnika zapominania



1. Analiza wyników

Przedstawione wyniki