**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:

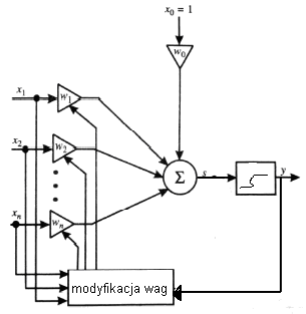
**wij(k+1) = (1-γ) \***  **wij(k) + Δwij** gdzie:

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:

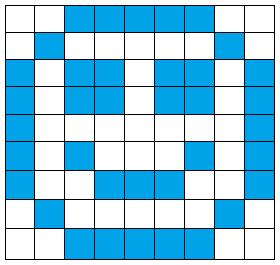
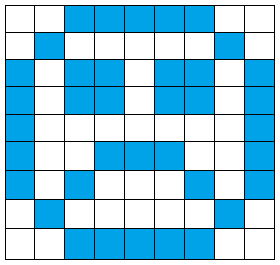
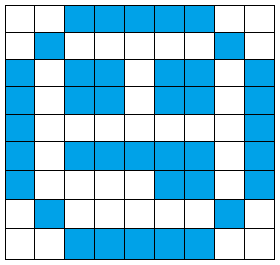
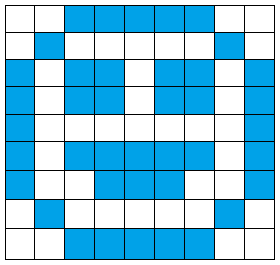
Metoda sumująca klasy Hebb zwraca sumę iloczynów wag oraz sygnałów wejściowych:

**y = ∑ wj \* xj**

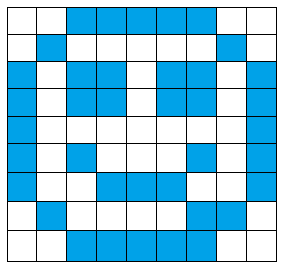
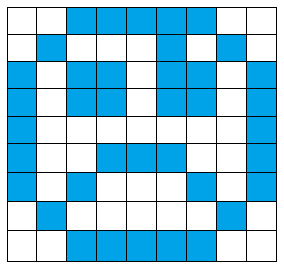
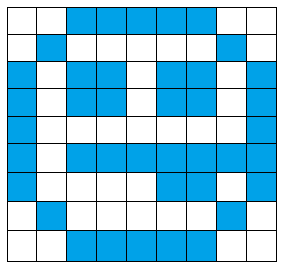
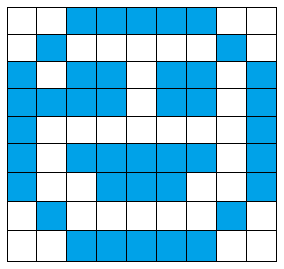
Metoda learn\_without\_supervising uczy poprzez modyfikacje wag neuronu ze współczynnikiem zapominania jak i również bez niego.

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 | |