

Lekcja 4: Uczenie sieci wielowarstwowej - Algorytm propagacji wstecznej błędu

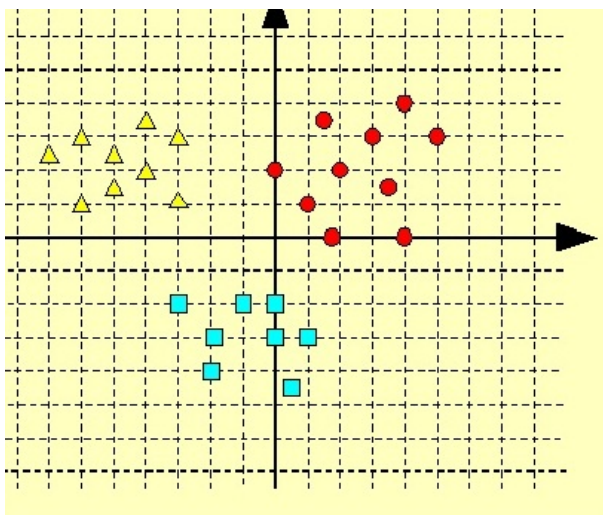
S. Hoa Nguyen

1 Zadania podstawowe

Zadanie 1 Podać strukturę sieci neuronowej umożliwiającej poprawną klasyfikację wszystkich punktów ze zbioru uczącego przedstawionego na rysunku 1.

Rozpatrz dwa przypadki:

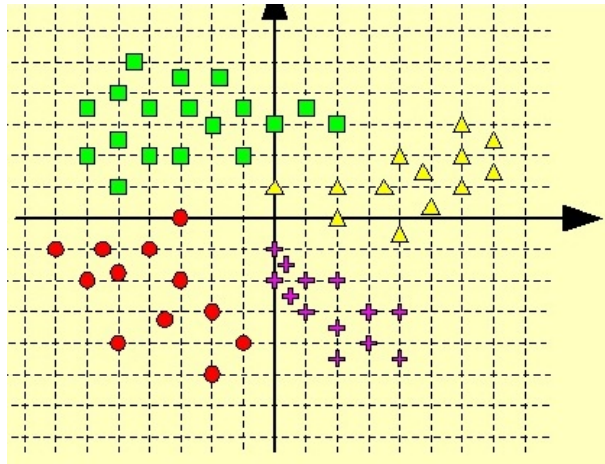
- kodowanie "jeden na jeden" dla pierwszej sieci,
- kodowanie binarne dla drugiej sieci.



Rysunek 1: Zbiór punktów do zadania 1

Zadanie 2 Zaprojektuj sieć neuronową umożliwiającą poprawną klasyfikację wszystkich punktów ze zbioru uczącego przedstawionego na rysunku 2. Zastosuj dowolnie wybrane kodowanie wyjścia.

Zadanie 3 Sieć dwuwarstwową składającą z dwóch neuronów (oznaczonych przez **A** i **B**, odpowiednio) na ukrytej warstwie i jednego neuronu (oznaczony



Rysunek 2: Zbiór punktów do zadania 2

przez **C)** na warstwie wyjściowej stosowano do symulacji funkcji logicznej XOR. Przeprowadź uczenie tej sieci, zakładając, że neurony mają sigmoidalną unipolarną funkcję aktywacji ($\lambda = 1$). Wagi początkowe są inicjalizowane na 1, odchylenia początkowe mają wartość 0

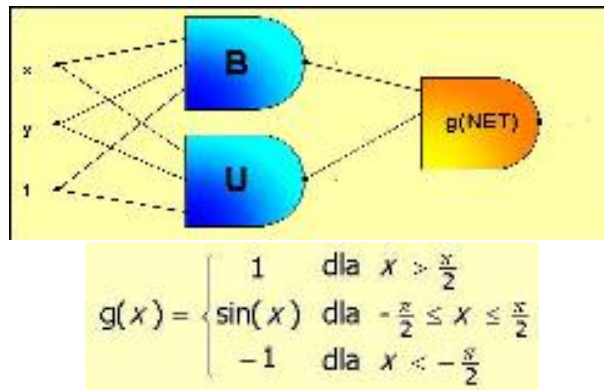
- Oblicz sygnał wyjściowy dla wektora wejściowego $X = (0, 1)$.
- Wyznacz błędy (*error*) neuronów na warstwie wyjściowej i na warstwie ukrytej
- Wyznaczyć nowe wagi zakładając, że współczynnik nauki $\eta = 1$
- Wyznaczyć błąd kwadratowy po jednym cyklu (epoce) uczenia.

Wskazówka: Utwórz odpowiednie formuły w Exelu do wyznaczania:

- sygnałów wyjściowych z ukrytej warstwy i wyjściowej warstwy.
- błędu neuronu na wyjściowej warstwie.
- błędu neuronów na ukrytej warstwie.
- nowych wag dla neuronów na ukrytej warstwie.
- nowych wag dla neuronu na wyjściowej warstwie.

Zadanie 4 Wyprowadź wzory, które mogłyby zostać wykorzystane w procesie uczenia sieci neuronowej na Rysunku 3 do korekty wag neuronów warstwy ukrytej.

Zadanie 5 W systemie Weka (*Waikato Enviroment for Knowledge Analysis*) zaprojektować sieć neuronowej umożliwiającej klasyfikację kwiatów Iris. Zbiór danych jest umieszczony w katalogu *data/Iris*.



Rysunek 3: Sieć neuronowa do zadania 4

- Przeprowadź uczenie i przetestuj sieć. Zastosuj model testu 10–*krosvalidacja*.
- Podać dokładność klasyfikacji
- Obserwując macierz błędów (*confusion matrix*) podaj w której klasy sieć popełnia najwięcej błędów?
- Ustaw współczynnik uczenia na 0.3, 0.5 i 1 oraz liczba epok na 500. Obserwuj poziom błędów i wybieraj optymalny współczynnik uczenia.
- Sprawdź jakość klasyfikacji sieci jednej, dwu- i trzy-warstwowej dla tego problemu. Która sieć optymalna?

Zadanie 6 Utwórz sieć, która potrafi wyznaczyć parzystobitowość liczb trzy-bitowych.

- Udowodnij, że sieć jedowarstwowa podczas nauki nie potrafi rozpoznać klasy liczb.
- Utwórz sieć wielowarstwową i przeprowadź uczenie sieci metodą propagacji wstecznej błędów. Ile warstw jest potrzebnych do rozwiązania zadania?

Zadanie 7 (Rozpoznanie cyfr drukowanych(3 punkty)) Zaprojektuj i zaimplementuj dwuwarstwową sieć neuronów, która rozpoznaje pierwszych 6 cyfr $\{0, 1, 2, 3, 4, 5\}$. Wzorcowe cyfry są podane na Rysunku 5

- Cyfry przedstaw graficznie w prosotokacie 4×6 , jeden wzorek w klasie.
- Przedyskutuj architekturę sieci (liczba wejść, liczba wyjść, funkcja aktywacji, metoda kodowania klas)
- Sporządź wykres zmiany błędów względem ilości cykli uczenia.
- Sprawdź czy sieć potrafi rozpoznać wszystkie wzorcowe i do nich podobne cyfry.

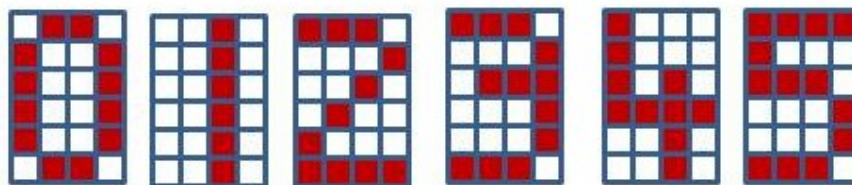
Liczby parzystobitowe (a)



Liczby nieparzystobitowe (b)



Rysunek 4: Klasyfikacja liczb parzystobitowych



Rysunek 5: Cyfry wzorcowe do zadania 7