

Data oddania: _____

Ocena: _____

Mikołaj Pawłoś 258681

Emilia Szczerba 251643

Zadanie drugie: Poprawa lokalizacji UWB przy pomocy sieci neuronowych

1. Cel

Zaprojektowanie i zaimplementowanie sieci neuronowej, która pozwoli na korygowanie błędów uzyskanych z systemu pomiarowego.

2. Wprowadzenie

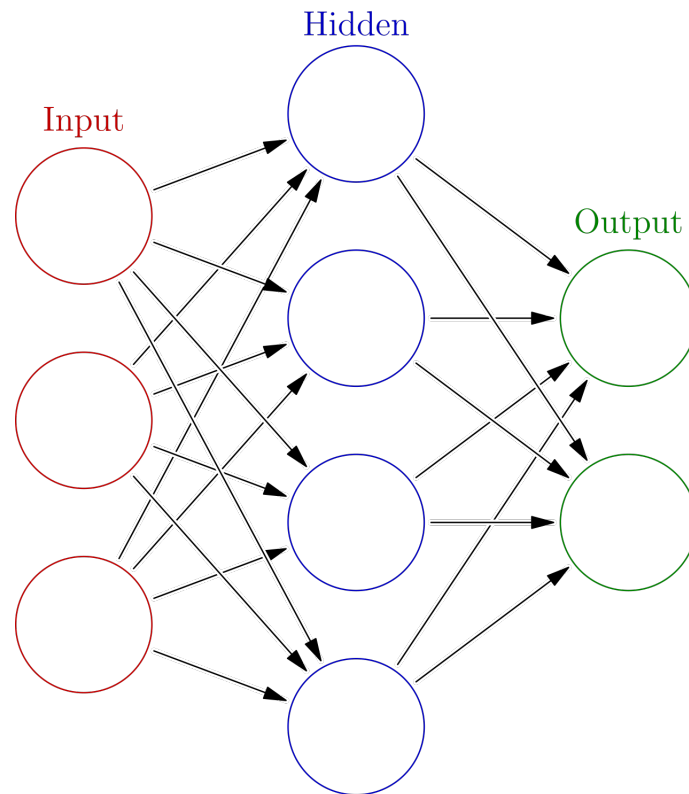
Sieć neuronowa (znana również jako *sztuczna sieć neuronowa*, w skrócie **NN** lub **ANN**) to model obliczeniowy inspirowany strukturą i funkcjami biologicznych sieci neuronowych. Sieć neuronowa składa się z połączonych jednostek lub węzłów, zwanych **sztucznymi neuronami**, które luźno odwzorowują neurony w mózgu.

Neurony są połączone **krawędziami**, które odwzorowują synapsy w mózgu. Każdy sztuczny neuron odbiera sygnały od połączonych z nim neuronów, przetwarza je, a następnie wysyła sygnał do kolejnych połączonych neuronów.

„**Sygnał**” ma postać liczby rzeczywistej, a wyjście neuronu obliczane jest za pomocą pewnej nieliniowej funkcji sumy jego wejść, zwanej **funkcją aktywacji**.

Siła sygnału w każdym połączeniu jest określana przez **wagę**, która jest dostosowywana podczas procesu uczenia.

Zazwyczaj neurony grupowane są w **warstwy**. Różne warstwy mogą wykonywać różne transformacje danych wejściowych. Sygnały przepływają od pierwszej warstwy (*warstwa wejściowa*) do ostatniej (*warstwa wyjściowa*), przechodząc być może przez kilka warstw pośrednich (*warstw ukrytych*). Sieć nazywa się **głębką siecią neuronową**, jeśli zawiera co najmniej dwie warstwy ukryte.



Rysunek 1: Schemat przykładowej sieci neuronowej

Sztuczne sieci neuronowe są wykorzystywane w różnych zadaniach, takich jak *modelowanie predykcyjne*, *sterowanie adaptacyjne* czy *rozwiązywanie problemów z zakresu sztucznej inteligencji*. Potrafią uczyć się na podstawie doświadczenia i wyciągać wnioski z złożonych i pozornie niepowiązanych danych.

3. Opis implementacji

Zadanie zostało wykonane przy użyciu języka **Python3**, przy użyciu następujących bibliotek:

- Matplotlib
- Numpy
- PyTorch

Projekt został podzielony na następujące pliki.

1. `NeuralNetworkModel.py` – główny moduł modelu uczenia maszynowego oparty na sieci neuronowej. Odpowiada za tworzenie, trenowanie, testowanie i zapisywanie modelu, z uwzględnieniem mechanizmów detekcji outlierów i normalizacji danych.
2. `OutlierDetector.py` – moduł odpowiedzialny za identyfikację obserwacji odstających w danych wejściowych. Wspiera różne metody detekcji, m.in. oparte na odległości Mahalanobisa czy odchyleniu standardowym.
3. `main.py` – plik uruchomieniowy, zawierający konfigurację eksperymentów, wczytywanie danych, inicjalizację modelu oraz zapisywanie wyników i metryk. Stanowi punkt wejścia do całego systemu.
4. `utils.py` – zbiór funkcji pomocniczych, takich jak wczytywanie danych, wizualizacja wyników, zapisywanie logów i tworzenie wykresów.
5. `config.json` – plik konfiguracyjny (jeśli dotyczy), zawierający parametry trenowania, ścieżki do danych oraz ustawienia modelu.

Każdy z wymienionych plików pełni określoną rolę w realizacji systemu korekcji błędów i może być dostosowany do innych zestawów danych lub zastosowań.

3.1. Plik `NeuralNetworkModel.py`

Plik `NeuralNetworkModel.py` zawiera kompletną implementację modelu sieci neuronowej zaprojektowanej z myślą o regresji wielowymiarowej oraz automatycznej detekcji i eliminacji obserwacji odstających (ang. outliers).

Moduł składa się z dwóch głównych klas:

- `NeuralNetwork` – definiuje architekturę wielowarstwowej sieci neuronowej typu *feedforward* z konfigurowalną liczbą warstw ukrytych, funkcją aktywacji i mechanizmem `Dropout`.
- `EnhancedNeuralNetworkModel` – klasa wyższego poziomu integrująca funkcje uczenia, walidacji, normalizacji danych, predykcji oraz obsługi danych odstających przy użyciu zewnętrznego modułu `OutlierDetector`.

Model wspiera różne optymalizatory (Adam, SGD), posiada wbudowany mechanizm *early stopping*, adaptacyjny harmonogram uczenia (`ReduceLROnPlateau`) oraz możliwość zapisu i odczytu wag modelu (zarówno w formacie binarnym `.pt`, jak i w postaci tabeli CSV).

Trening odbywa się z użyciem biblioteki PyTorch, a dane wejściowe są wstępnie przeskalowywane za pomocą standaryzacji (`StandardScaler`) z biblioteki `scikit-learn`. Proces walidacji może być przeprowadzony na osobnym zbiorze lub automatycznie podzielony z danych treningowych.

Architektura modelu jest w pełni parametryzowana: użytkownik może zdefiniować liczbę neuronów wejściowych, wyjściowych, strukturę warstw ukrytych, liczbę epok, współczynnik uczenia, funkcję aktywacji, metodę detekcji outlierów, a także urządzenie obliczeniowe (CPU lub GPU).

Plik ten stanowi centralny element systemu korekcji błędów opartych na danych i może być łatwo zaadaptowany do innych zadań regresyjnych lub klasyfikacyjnych.

4. Materiały i metody

W tym miejscu należy opisać, jak przeprowadzone zostały wszystkie badania, których wyniki i dyskusja zamieszczane są w dalszych sekcjach. Opis ten powinien być na tyle dokładny, aby osoba czytająca go potrafiła wszystkie przeprowadzone badania samodzielnie powtórzyć w celu zweryfikowania ich poprawności. Przy opisie należy odwoływać się i stosować do opisanych w sekcji drugiej wzorów i oznaczeń, a także w jasny sposób opisać cel konkretnego testu. Najlepiej byłoby wyraźnie wyszczególnić (ponumerować) poszczególne eksperymenty tak, aby łatwo było się do nich odwoływać dalej.

5. Wyniki

W tej sekcji należy zaprezentować, dla każdego przeprowadzonego eksperymentu, kompletny zestaw wyników w postaci tabel, wykresów (preferowane) itp. Powinny być one tak ponazywane, aby było wiadomo, do czego się odnoszą. Wszystkie tabele i wykresy należy oczywiście opisać (opisać co jest na osiach, w kolumnach itd.) stosując się do przyjętych wcześniej oznaczeń. Nie należy tu komentować i interpretować wyników, gdyż miejsce na to jest w kolejnej sekcji. Tu również dobrze jest wprowadzić oznaczenia (tabel, wykresów), aby móc się do nich odwoływać poniżej.

6. Dyskusja

Sekcja ta powinna zawierać dokładną interpretację uzyskanych wyników eksperymentów wraz ze szczegółowymi wnioskami z nich płynącymi. Najcenniejsze są, rzecz jasna, wnioski o charakterze uniwersalnym, które mogą być istotne przy innych, podobnych zadaniach. Należy również omówić i wyjaśnić wszystkie napotkane problemy (jeśli takie były). Każdy wniosek powinien mieć poparcie we wcześniej przeprowadzonych eksperymentach (odwołania do konkretnych wyników). Jest to jedna z najważniejszych sekcji tego sprawozdania, gdyż prezentuje poziom zrozumienia badanego problemu.

7. Wnioski

W tej, przedostatniej, sekcji należy zamieścić podsumowanie najważniejszych wniosków z sekcji poprzedniej. Najlepiej jest je po prostu wypunktować. Znow, tak jak poprzednio, najistotniejsze są wnioski o charakterze uniwersalnym.

Literatura

- [1] Wikipedia contributors. "Neural network (machine learning)." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 29 May. 2025. Web. 29 May. 2025.

Na końcu należy obowiązkowo podać cytowaną w sprawozdaniu literaturę, z której grupa korzystała w trakcie prac nad zadaniem.