

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ

Назар Грубий ², Михайло Яджак ^{1, 2}

¹ Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, ² Львівський національний університет імені Івана Франка,
nazar.hrubi@lnu.edu.ua, mykhailo.yadzhak@lnu.edu.ua

У сучасному світі опрацювання сигналів [1] відіграє важливу роль у багатьох галузях, включаючи телебачення, аудіо- та відеозапис, медицину, мобільний зв'язок та ін. Сигнали, які підлягають аналізу, зазвичай вимірюються в лабораторних або польових умовах, тому вони містять дві складові: корисну (від об'єкта спостереження) та завади – будь-які небажані сигнали, які перешкоджають вимірюванню, передаванню або обробці корисного сигналу. Для усунення завад застосовується фільтрація. Класичні методи фільтрації сигналів, такі як фільтр Калмана, медіанна фільтрація, фільтр Савіцького-Голея тощо, зазвичай є ефективними лише для вузько визначених умов і типів завад. Альтернативним підходом до реалізації цифрової фільтрації є використання нейронних мереж [2], які можуть навчатися на різних наборах даних, забезпечуючи універсальність і високу ефективність при роботі з широким спектром сигналів і завад. Крім того, традиційні фільтри вимагають ручного підбору оптимальних параметрів для опрацювання сигналів, тоді як штучні нейронні мережі дозволяють це робити автоматично та володіють значними резервами розпаралелювання обчислень [3].

Актуальність цієї роботи зумовлена перспективністю використання нейронних мереж для цифрової фільтрації сигналів, а також зростаючими вимогами до якості обробки сигналів у багатьох галузях.

Метою роботи є розробка універсального цифрового фільтра на основі нейронної мережі, здатного ефективно усувати різні типи завад спотворених сигналів. Задача формулюється як відновлення «чистого» одновимірного сигналу $x(t)$ за його спотвореним аналогом (адитивною сумішшю з завадами):

$$y(t) = x(t) + n(t),$$

де t – час, а $n(t)$ – функція, що описує завади.

Основним завданням нейронної мережі є мінімізація різниці між еталонним сигналом $x(t)$ і відновленим сигналом $d(t)$, сформованим на виході.

Для розв'язання описаної задачі пропонується архітектура згорткового автокодувальника. Згорткові нейронні мережі добре зарекомендували себе у

Конференція молодих учених «Підстригачівські читання – 2025», 27–29 травня 2025 р., Львів

задачах обробки сигналів завдяки здатності виявляти локальні закономірності в даних. Запропонована архітектура мережі складається з двох основних частин: кодувальника та декодувальника. Кодувальник містить декілька згорткових шарів, які зменшують розмірність простору ознак та виділяють характерні ознаки з вхідного спотвореного сигналу, що сприяє узагальненню інформації. Кожен згортковий шар використовує функцію активації ReLU, яка забезпечує нелінійність та стабільне навчання мережі. Декодувальник симетрично відновлює сигнал за допомогою транспонованих згорткових шарів, поступово повертаючи просторову структуру до розміру початкового сигналу.

Для навчання мережі планується сформувати набір синтетичних даних, що складатиметься з сигналів різної форми (синусоїдальних, прямокутних імпульсних, пило- та трикутноподібних), до яких буде додано адитивні завади різного характеру, зокрема білий та рожевий шуми, імпульсні завади тощо. Це дозволить створити достатньо різноманітне навчальне середовище для забезпечення узагальнюючої здатності мережі. Якість її роботи оцінюватиметься за допомогою метрик середньоквадратичної помилки між відновленим і еталонним сигналом та співвідношення сигнал/шум.

Обчислювальну модель буде реалізовано мовою Python з використанням бібліотек TensorFlow і Keras, які забезпечують зручний інтерфейс для побудови, навчання та тестування нейронних мереж.

Загалом вибір саме згорткового автокодувальника зумовлений його здатністю ефективно виділяти ознаки з сигналів, зберігаючи при цьому просторову структуру даних. Така архітектура дозволяє мережі навчитися узагальнювати характерні особливості сигналу, відокремлюючи їх від завад, що робить її особливо придатною для задач цифрової фільтрації.

1. Попов А. О. Теорія сигналів [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/33e5168f-721f-49e4-b109-3e42bd7b0a64/content>.
2. Новотарський М. А., Несцеренко Б. В. Штучні нейронні мережі: обчислення. – Київ: Інститут математики НАН України, 2004. – 408 с.
3. Вальковський В. О., Яджак М. С. Про організацію паралельних обчислень у нейронних мережах // Відбір і обробка інформації. – 2003. – Вип.19(95). – С. 138–144.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR SIGNAL FILTERING

This work focuses on the development of a universal digital signal filter based on a neural network architecture, specifically a convolutional denoising autoencoder. The main objective is to reconstruct a clean one-dimensional signal from its distorted version. Due to its ability to extract meaningful features while preserving spatial structure, the convolutional autoencoder is especially suitable for signal denoising tasks.

<http://www.iapmm.lviv.ua/chyt2025>