

КЛАСИФІКАЦІЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено аналіз основних підходів до класифікації штучних нейронних мереж за топологією, характером зв'язків, способом налаштування синапсів, часовими властивостями передачі сигналів, типом вхідних даних та структурою нейронів, що створює методологічне підґрунтя для обґрунтованого вибору архітектури мережі залежно від специфіки прикладної задачі.

Ключові слова: апроксимація, нейрон, дані, навчання.

Abstract

An analysis of the main approaches to the classification of artificial neural networks by topology, connection characteristics, synapse tuning methods, temporal properties of signal transmission, input data types, and neuron structure has been conducted, providing a methodological basis for the justified selection of network architecture depending on the specifics of the applied task.

Keywords: approximation, neuron, data, learning.

Вступ

Штучні нейронні мережі (ШНМ) є одним із ключових інструментів сучасних інтелектуальних інформаційних систем, що широко застосовуються для розв'язання задач класифікації, регресії, прогнозування та розпізнавання образів [1]. Завдяки здатності апроксимувати складні нелінійні залежності та адаптуватися до властивостей вхідних даних, ШНМ забезпечують високу ефективність моделювання реальних процесів у багатовимірних просторах ознак. Із-за різноманіття архітектур, механізмів навчання та структурних особливостей нейронних мереж актуальним є систематизація за низкою формальних критеріїв [2].

Результати досліджень

Штучні нейронні мережі в залежності від типу розв'язуваних задач інформаційних систем можуть бути класифіковані за наступними ознаками (рис. 1). За топологією [3] нейронні мережі можна поділити на повнозв'язані, шаруваті та слабозв'язані. До повнозв'язаних мереж можна віднести мережу Хопфілда [4] та мережу Коско [5], вони характеризуються тим, що кожен нейрон передає свій вихідний сигнал решті нейронів. Вхідні сигнали потрапляють на всі нейрони, а вихідними можуть бути сигнали як частини, так і всіх нейронів після декількох циклів функціонування.

У слабо зв'язаних мережах нейрони розміщуються у вузлах прямокутної чи гексагональної решітки. Кожен нейрон зв'язаний з чотирма (околиця фон Неймана), шістьма (околиця Голя) або вісьмома (околиця Мура) сусідніми нейронами [2].

Шаруваті мережі містять шари нейронів, і в свою чергу за характером зв'язків між ними поділяються на мережі прямого поширення – нейрони вхідного шару отримують сигнали, перетворюють їх і передають нейронам наступного прихованого шару, і т. д. до вихідного шару, та рекурентні мережі, тобто мережі зі зворотними зв'язками [1].

Серед рекурентних мереж за глибиною зв'язку розрізняють [4]:

- шарувато-циклічні, в яких шари замкнені в кільце – вихідний шар передає значення своїх виходів до вхідного шару;

- шарувато-повнозв'язані, кожен шар являє собою повнозв'язану систему, де сигнали передаються як між шарами, так і в середині них. Функціонують в три етапи: прийом сигналів з попереднього шару, обмін сигналу в середині шару, передача результату наступному шару;

– повнозв’язано-шаруваті, по структурі аналогічні до попередніх, тільки в них не розрізняють обробку в шарі і між шарами, а процес відбувається одночасно.

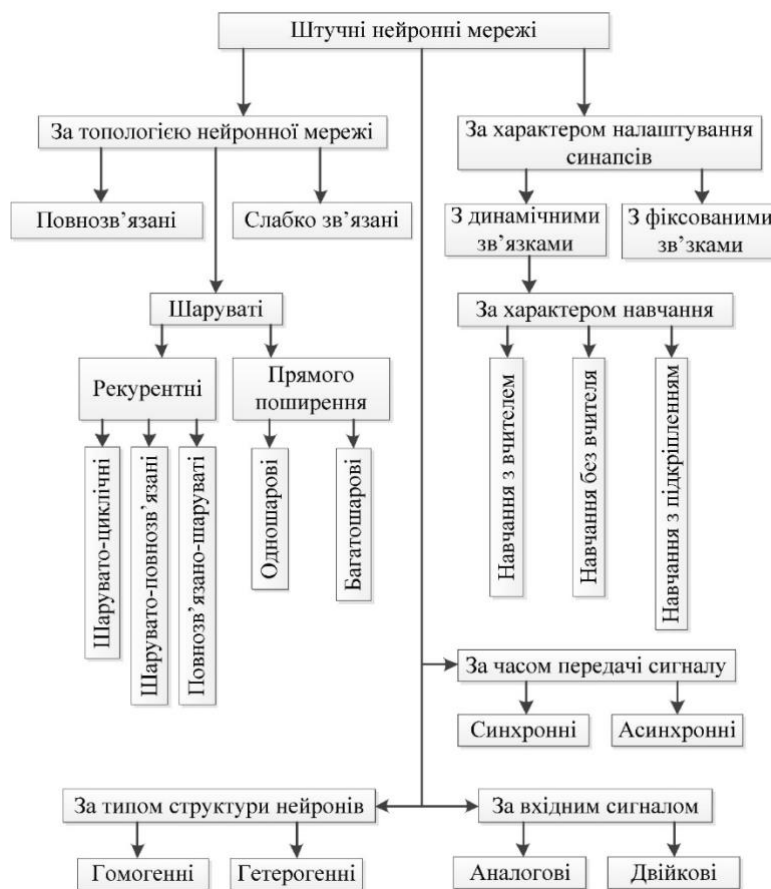


Рис. 1. Схема класифікації ШНМ

Наступним важливим критерієм для класифікації являється характер налаштування синапсів. За яким розрізняють нейронні мережі з фіксованими зв'язками, у яких вагові коефіцієнти на початку роботи з мережею розраховуються за формулою і залишаються незмінні протягом її функціонування; та мережі з динамічними зв'язками, у яких вагові коефіцієнти визначаються випадковим чином, а потім змінюються в процесі роботи відповідно до певного характеру навчання [5]:

- навчання з вчителем – для кожного набору навчальної вибірки відомі вихідні значення;
- навчання без вчителя – формування вагових коефіцієнтів відбувається виключно по вхідним значенням, такі мережі ще називають мережами, які самоорганізуються;
- навчання з підкріпленням – система призначення штрафів та заохочень середовища.

За часом передачі сигналу розрізняють синхронні та асинхронні нейронні мережі. До синхронних мереж відносяться такі, в яких час передачі сигналу між нейронами рівний нулю, або має певну однакову для всіх фіксовану величину. В асинхронних мережах час затримки сигналу різний для різних зв'язків.

За вхідним сигналом мережі поділяються на двійкові та аналогові. У двійкових мережах використовують порогову функцію активації, а у аналогових – будь-яку з неперервних.

За типом структури нейронів розрізняють гомогенні мережі, в яких всі нейрони однакові, та гетерогенні, які поєднують нейрони з різними активаційними функціями.

Висновки

У роботі систематизовано основні підходи до класифікації ШНМ за топологією, характером міжнейронних зв'язків, способом налаштування синапсів, часовими властивостями передачі сигналів, типом вхідних даних та структурою нейронів. Показано, що різноманіття архітектурних рішень і механізмів навчання зумовлює необхідність комплексного врахування зазначених критеріїв під час проєктування інтелектуальних систем. Запропонована схема класифікації створює методологічне

підґрунтя для обґрунтованого вибору типу нейронної мережі відповідно до специфіки прикладної задачі та може бути використана як базис для подальших досліджень у напрямі оптимізації структури й параметрів моделей машинного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ротштейн О. Нейронні мережі. Генетичні алгоритми. Інтелектуальні технології ідентифікації. Вінниця: універсум. 1999.
2. Адаменко В. О. Штучні нейронні мережі в задачах реалізації матеріальних об'єктів. Частина 2. Особливості проектування та застосування / Адаменко В. О., Мірських Г. О. // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". – 2012. – № 48. – С. 213–221.
3. Глухов, В. С. Дослідження і проектування комп'ютерних систем та мереж [Текст] : навч. посіб. / В. С. Глухов, А. Т. Костик ; НУ "Львівська політехніка". – Львів : Магнолія 2006, 2025. – 253 с.
4. Іванчук Я.В., Борисюк О.О. Синтез еволюційних механізмів в розробці адаптивного алгоритму оптимізації / Науковий журнал "Проблеми програмування" // Я. В. Іванчук, О. О. Борисюк. - № 3 (2025). – С. 53-65. <http://doi.org/10.15407/pp2025.03.053>.
5. Пелешак, І. Р. Методи розпізнавання та шифрування мультиспектральних образів на основі осциляторних нейронних мереж [Текст] : монографія / І. Р. Пелешак, В. В. Литвин, Р. М. Пелешак ; НУ "Львівська політехніка". – Львів : Марченко Т. В., 2023. – 218 с.

Борисюк Олександр Олегович – аспірант, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: borysyuk.sasha@gmail.com.

Іванчук Ярослав Володимирович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Хоменко Володимир Михайлович – студент групи ІІСТ-236, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vova.khomenko2100@gmail.com.

Borysiuk Oleksandr O. - Faculty of Automation and Intelligent Information Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: borysyuk.sasha@gmail.com.

Ivanchuk Yaroslav V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor of the Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Khomenko Volodymyr M. – student of the IIIST-23b group, faculty of intellectual information technologies and automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vova.khomenko2100@gmail.com.