

Тема №3 НЕЙРОКОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕРЕЖІ

План

- 3.1. Поняття та можливості нейрокомп'ютерних технологій.
- 3.2. Архітектура нейронних мереж.
- 3.3. Нейронні мережі Хопфілда та Кохонена.
- 3.4. Програмні засоби реалізації нейромережевих технологій
- 3.5. Сучасна практика та перспективні напрямки застосування нейротехнологій.

Література:

Основна

Черняк О. І., Захарченко П. В. Інтелектуальний аналіз даних: Підручник. Київ, 2014.

Додаткова

1. Ананий В. Левитин Е. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. Москва :Вильямс, 2006.
2. Дюк В. А., Самойленко А. П. Data Mining: учебный курс. Санкт-Петербург : Питер, 2001.
3. Кацко И. А., Паклин Н. Б. Практикум по анализу данных на компьютере. Москва : Колосс, 2009.
4. Круглов В. В., Дли М. И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. Москва :Физматлит, 2002.
5. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. Москва : Горячая Линия–Телеком, 2007.
6. Субботін С. О., Олійник А. О., Олійник О. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009.

3.1. Поняття та можливості нейрокомп'ютерних технологій

Нейронні мережі – це адаптивні системи для обробки та інтелектуального аналізу даних, які є математичною структурою, що імітує деякі аспекти роботи людського мозку і демонструє такі його можливості, як здібність до неформального навчання, узагальнення і кластеризації некласифікованої інформації, здатність самостійно будувати прогнози на основі спостереження часових рядів. Головною їх відмінністю від інших методів є те, що нейромережі в принципі не потребують заздалегідь відомої моделі, а будують її самі лише на основі інформації, яку отримали. Саме тому нейронні мережі увійшли до практики усюди, де потрібно вирішувати задачі прогнозування, класифікації, управління – іншими словами, в області

людської діяльності, де є задачі, що погано алгоритмізуються, для вирішення яких необхідні або постійна робота групи кваліфікованих експертів, або адаптивні системи автоматизації, якими і є нейронні мережі.

Для неформалізованих завдань нейромережеві моделі можуть на порядок перевершувати традиційні методи рішення. Але використання нейронних мереж доцільне, якщо:

- накопичені достатні об'єми даних про попередню поведінку системи;
- не існує традиційних методів або алгоритмів, що задовільно вирішують проблему;
- дані частково спотворені, частково суперечливі або не повні і тому традиційні методи видають незадовільний результат.

Методи нейронних мереж можуть використовуватися незалежно або ж служити прекрасним доповненням до традиційних методів статистичного аналізу, більшість з яких пов'язані з побудовою моделей, заснованих на тих або інших припущеннях і теоретичних висновках (наприклад, що досліджуєма залежність є лінійною або що деяка змінна має нормальний розподіл). Нейромережевий підхід не пов'язаний з такими припущеннями – він однаково придатний для лінійних і складних нелінійних залежностей, особливо ж ефективний в розвідувальному аналізі даних, коли ставиться мета з'ясувати, чи є залежності між змінними. При цьому дані можуть бути неповними, суперечливими і навіть свідомо спотвореними.

Нейрокомп'ютинг є новою парадигмою обчислювальних систем. Основне завдання нейрокомп'ютерів – обробка образів, заснована на навчанні, – те ж, що і у біологічних нейросистем. Подібно до біологічних, штучні нейромережі націлені на паралельну обробку образів. У новій схемотехніці, як і в мозку, відсутні загальні шини, немає розділення на активний процесор і пасивну пам'ять. Обчислення, як і навчання, розподілені по всіх активних елементах – нейронах, кожен з яких є елементарний процесор образів, оскільки проводить хоч і просту операцію, але відразу над великою кількістю входів. Як обчислення, так і навчання повністю паралельні. У цьому сила природних нейрокомп'ютерів. Це дає можливість вирішувати задачі, непосильні навіть наймогутнішим суперкомп'ютерам, не дивлячись на багато кратну різницю в швидкодії елементної бази.

Класифікація образів. Завдання полягає у вказівці приналежності вхідного образу (наприклад, мовного сигналу або рукописного символу), представленого вектором ознак, одному або декільком заздалегідь певним класам. До відомих додатків відносяться розпізнавання букв, розпізнавання мови, класифікація сигналу електрокардіограми, класифікація кліток крові, забезпечення діяльності біометричних сканерів і т.п.

Кластеризація/категоризація. При рішенні задачі кластеризації, яка відома також як класифікація образів «без вчителя» де відсутня навчальна вибірка з мітками класів. Алгоритм кластеризації заснований на подібності образів і розміщує близькі образи в один кластер. Відомі випадки

застосування кластеризації для витягання знань, стиснення даних і дослідження властивостей даних.

Апроксимація функцій. Припустимо, що є навчальна вибірка пар даних вхід-вихід, яка генерується невідомою функцією, залежною від деякого аргументу, спотвореною шумом. Завдання апроксимації полягає в знаходженні оцінки невідомої функції. Апроксимація функцій необхідна при рішенні численних інженерних і наукових задач моделювання. Типовим прикладом є шумозаглушення при прийомі сигналу різної природи, незалежно від переданої інформації.

Оптимізація. Численні проблеми в математиці, статистиці, техніці, науці, медицині і економіці можуть розглядатися як проблеми оптимізації. Завданням алгоритму оптимізації є знаходження такого рішення, яке задовольняє системі обмежень і максимізує або мінімізує цільову функцію. Задача комівояжера, задача про призначення, транспортна задача є класичними прикладами задач оптимізації.

3.2. Архітектура нейронних мереж

Штучні нейронні мережі – вид математичних моделей, які будуються за принципом організації і функціонування їх біологічних аналогів, – мереж нервових клітин (нейронів) мозку. У основі їх побудови лежить ідея про те, що нейрони можна моделювати досить простими автоматами (штучними нейронами), а вся складність мозку, гнучкість його функціонування і інші найважливіші якості визначаються зв'язками між нейронами.

Відомі такі типи нейронних мереж:

- перцептрон Розенблатта та багатошаровий перцептрон;
- нейронні мережі Джордана, Елмана, Хеммінга;
- мережа Хопфілда та мережа Кохонена;
- когнітрон та неокогнітрон;
- хаотична нейронна мережа та осциляторна нейронна мережа;
- мережі зустрічного розповсюдження та мережі радіальних базисних функцій (RBF – мережі);
- мережі узагальненої регресії та імовірнісні мережі;
- сіамська нейронна мережа та мережа адаптивного резонансу.

У зв'язку з великою різноманітністю штучних нейронних мереж и специфікою їх реалізації важливим є проведення класифікацію їх архітектур для подальшого застосування в інтелектуальних системах аналізу даних.

Нейронні мережі можуть бути **синхронні** і **асинхронні**.

У синхронних нейронних мережах в кожен момент часу свій стан міняє лише один нейрон. У асинхронних – стан міняється відразу у цілої групи нейронів, як правило, у всього шару.

По типу базової архітектури – **шаровані** і **повнозв'язні** мережі.

Ключовим в шаруватих мережах є поняття прошарка. Шар – один або декілька нейронів, на входи яких подається один і той же загальний сигнал.

Шаровані нейронні мережі – нейронні мережі, в яких нейрони розбиті на окремі групи (шари) так, що обробка інформації здійснюється пошарово. У шарованих мережах нейрони i -го шару отримують вхідні сигнали, перетворюють їх і через точки розгалуження передають нейронам $(i+1)$ шару. І так до k -го шару, який видає вихідні сигнали для інтерпретатора і користувача. Число нейронів в кожному шарі не пов'язане з кількістю нейронів в інших шарах і може бути довільним.

Шаровані мережі, у свою чергу, можуть бути **одношаровими** і **багатошаровими**. Одношарова мережа – мережа складається з одного шару. Багатошарова мережа – мережа має декілька шарів. У багатошаровій мережі перший шар називається вхідним, подальші – внутрішніми або прихованими, останній шар – вихідним. Таким чином, проміжні шари – це всі шари в багатошаровій нейронній мережі, окрім вхідного і вихідного. Вхідний шар мережі реалізує зв'язок з вхідними даними, вихідний – з вихідними.

По спрямованості зв'язків.

Нейронні мережі бувають із **зворотними зв'язками** і **без зворотних зв'язків**.

Серед мереж без зворотних зв'язків розрізняють *мережі із зворотним розповсюдженням помилки* та *інші мережі*. Мережі першої групи характеризуються фіксованою структурою, ітераційним навчанням, корегуванням вагів по помилках. Перевагами мереж без зворотних зв'язків є простота їх реалізації і гарантоване отримання відповіді після проходження даних по шарах. Недоліком цього виду мереж вважається мінімізація розмірів мережі – нейрони багато разів беруть участь в обробці даних. Менший об'єм мережі полегшує процес навчання.

Мережі прямого розповсюдження і рекурентні мережі.

До мереж **прямого розповсюдження** зазвичай відносять персептрони, мережу Back Propagation, мережу зустрічного розповсюдження та карти Кохонена. Всі зв'язки направлені строго від вхідних нейронів до вихідних.

Характерна особливість **рекурентних мереж** – наявність блоків динамічної затримки і зворотних зв'язків, що дозволяє їм обробляти динамічні моделі, наприклад, мережа Хопфілда або мережа Елмана – мережа, що складається з двох шарів, в якій прихований шар охоплений динамічним зворотним зв'язком, що дозволяє врахувати передісторію спостережуваних процесів і накопичити інформацію для вироблення правильної стратегії управління.

Навчання з вчителем або без нього.

Навчання з вчителем передбачає, що для кожного навчального вхідного прикладу потрібне знання правильної відповіді або функції оцінки якості відповіді. Таке навчання називають *керуваним*. Нейронній мережі пред'являються значення вхідних і вихідних сигналів, а вона по певному алгоритму підстроює ваги синаптичних зв'язків. В процесі навчання проводиться корегування вагів мережі за наслідками порівняння фактичних вихідних значень з вхідними, відомими наперед.

При *навчанні без вчителя* розкривається внутрішня структура даних або кореляції між зразками в наборі даних. Виходи нейронної мережі формуються самостійно, а ваги змінюються по алгоритму, що враховує тільки вхідні і похідні від них сигнали. Це навчання називають також *некерованим*. В результаті такого навчання об'єкти або приклади розподіляються по категоріях, самі категорії і їх кількість можуть бути наперед не відомі.

3.3. Нейронні мережі Хопфілда та Кохонена

Мережі, названі картами *Кохонена*, – це один з різновидів нейронних мереж, проте вони принципово відрізняються від розглянутих вище, оскільки використовують неконтрольоване навчання. Нагадаємо, що при такому навчанні навчальна множина складається лише із значень вхідних змінних, в процесі навчання немає порівняння виходів нейронів з еталонними значеннями. Можна сказати, що така мережа вчиться розуміти структуру даних.

Ідея мережі Кохонена належить фінському ученому Тойво Кохонену (1982 рік). Основний принцип роботи мереж – введення в правило навчання нейрона інформації щодо його розташування. У основі ідеї мережі Кохонена лежить аналогія з властивостями людського мозку. Кора головного мозку людини є плоским листом і згорнута складками. Таким чином, можна сказати, що вона володіє певними топологічними властивостями (ділянки, відповідальні за близькі частини тіла, примикають один до одного і все зображення людського тіла відображається на цю двовимірну поверхню).

Карти, що самоорганізуються, можуть використовуватися для вирішення таких задач, як моделювання, прогнозування, пошук закономірностей у великих масивах даних, виявлення наборів незалежних ознак і стиснення інформації. Найбільш поширене застосування мереж Кохонена – рішення задачі класифікації без вчителя, тобто кластеризації. Нагадаємо, що при такій постановці задачі нам дан набір об'єктів, кожному з яких зіставлений рядок таблиці (вектор значень ознак). Потрібно розбити початкову множину на класи, тобто для кожного об'єкту знайти клас, до якого він належить. В результаті отримання нової інформації про класи можлива корекція існуючих правил класифікації об'єктів.

Ось два з найбільш поширених застосувань карт Кохонена: розвідувальний аналіз даних і виявлення нових явищ.

Розвідувальний аналіз даних. Мережа Кохонена здатна розпізнавати кластери даних, а також встановлювати близькість класів. Таким чином, користувач може поліпшити своє розуміння структури даних, щоб потім уточнити нейромережеву модель. Якщо в даних розпізнані класи, то їх можна позначити, після чого мережа зможе вирішувати задачі класифікації. Мережі Кохонена можна використовувати і в тих завданнях класифікації, де класи

вже задані, – тоді перевага буде в тому, що мережа зможе виявити схожість між різними класами.

Виявлення нових явищ. Мережа Кохонена розпізнає кластери в навчальних даних і відносить всі дані до тих або інших кластерів. Якщо після цього мережа зустрінеться з набором даних, несхожим ні на один з відомих зразків, то вона не зможе класифікувати такий набір і тим самим виявить його новизну.

Мережа Кохонена, на відміну від багатошарової нейронної мережі, дуже проста, вона представляє собою два шари: вхідний і вихідний. Її також називають самоорганізуючою картою. Елементи карти розташовуються в деякому просторі, як правило, двовимірному.

3.4. Програмні засоби реалізації нейромережевих технологій

Більшість програмних комплексів, заснованих на нейромережевих технологіях, включають наступну послідовність дій:

- створення мережі (вибір користувачем параметрів або схвалення встановлених за умовчанням);
- навчання мережі;
- видача користувачеві рішення.

Існує величезна різноманітність нейропакетів, можливість використання нейромереж включена також практично у всі відомі статистичні пакети. Критерії порівняння нейропакетів: простота вживання, наочність інформації, що представляється, можливість використовувати різні структури, швидкість роботи, наявність документації. Вибір визначається кваліфікацією і вимогами користувача.

Для застосування методів нейронних мереж в процесі інтелектуального аналізу даних в бізнес-додатках розроблений ряд інструментальних засобів високого рівня. До них відносяться в першу чергу системи *MathLab*, *STATISTICA Neural Networks*, *NeuroSolutions*, *BrainMakerPro*, *NeuroShell 2*, *4Thought*, *SENN Sales* та інші.

Пакет *MathLab*. Пакет *MathLab* надає користувачам можливість роботи з нейронними мережами. Стандартне постачання *MathLab* «*Neural Network Toolbox*» надає широкі можливості для роботи з нейронними мережами всіх типів. Перевага цього пакету полягає в тому, що при його використанні користувач не обмежений моделями нейронних мереж і їх параметрами, жорстко закладеними в нейросимуляторі, а має можливість самостійно сконструювати ту мережу, яку рахує оптимальною для вирішення поставленого завдання. Пакет містить функції командного рядка і графічний інтерактивний майстер для швидкого покрокового створення нейромереж. Окрім цього *Neural Network Toolbox* забезпечує підтримку *Simulink*, що дозволяє моделювати нейромережі і створювати блоки на основі розроблених нейромережевих структур. Ключовими можливостями *Neural Network Toolbox* є:

- графічний інтерфейс користувача і майстер покрокового створення нейронних мереж;
- підтримка найбільш поширених мережевих парадигм;
- повний набір засобів для тренування нейромереж з вчителем і без;
- динамічно навчаємі нейромережі, включаючи нейромережі з запізненням, нелінійні і авторегресійні (*NARX*);
- підтримка *Simulink* для моделювання нейромережі, створення блоків на основі розроблених нейромережевих структур для адаптивних систем управління;
- модульне представлення мережі, що дозволяє створювати необмежене число шарів і міжмережевих зв'язків;
- візуалізація топології нейронної мережі.

Пакет STATISTICA Neural Networks. Ця система є могутнім і надзвичайно швидким середовищем аналізу нейросетевих моделей, що надає наступні можливості:

- пре- і пост- процесування, включаючи вибір даних, кодування номінальних значень, шкалювання, нормалізація, видалення пропущених даних з інтерпретацією для класифікації, регресії і завдання тимчасових рядів;
- могутні методи розвідувальних і аналітичних технологій, зокрема *Аналіз головних компонент* і *Пониження розмірності* для вибору потрібних вхідних змінних в розвідувальному (нейромережевому) аналізі даних;
- найсучасніші, оптимізовані і могутні алгоритми навчання мережі, повний контроль над всіма параметрами, що впливають на якість мережі, такими як функції активації і помилок, складність мережі;
- підтримка комбінацій нейромереж практично необмеженого розміру, створених в *Наборах мереж - Network Sets*, вибіркоче навчання нейромережевих сегментів; об'єднання, і збереження наборів мереж в окремих файлах;
- повна інтеграція з системою *STATISTICA*, всі результати, графіки, звіти можуть бути надалі модифіковані за допомогою могутніх графічних і аналітичних інструментів *STATISTICA*.

3.5. Сучасна практика та перспективні напрямки застосування нейротехнологій

Нейронні мережі все частіше застосовуються в реальних бізнес-додатках. У деяких областях, таких як виявлення фальсифікацій і оцінка ризику, вони стали безперечними лідерами серед використовуваних методів. Їх використання в системах прогнозування і системах маркетингових досліджень постійно росте. Варто відзначити, що оскільки, економічні, фінансові і соціальні системи дуже складні і є результатом дій і протидій різних процесів, то є дуже складним створити повну математичну модель з урахуванням всіх можливих дій і протидій. Практично неможливо детально

апроксимувати модель, засновану на таких традиційних параметрах, як максимізація корисності або максимізація прибутку.

У системах подібної складності є природним і найбільш ефективним використовувати моделі, які безпосередньо імітують поведінку суспільства і економіки. А це якраз те, що здатна запропонувати методологія нейронних мереж. Розглянемо деякі важливі області, в яких ефективність застосування нейронних мереж доведена на практиці.

Застосування нейронних мереж в менеджменті. Протягом останнього десятиліття в журналах і газетах, таких як «*Management Science*», «*Man and Cybernetics*», «*Decision Sciences*», «*Computers & Operations Research*», «*European Journal of Operational Research*» були надруковані незліченні пропозиції по застосуванню нейронних мереж в бізнесі і дослідженні операцій. Більшість варіантів застосування нейронних мереж в менеджменті стосуються задач, що потрапляють в наступні чотири категорії: класифікація, побудова емпіричної кривої і аналіз часових рядів, кластеризація і оптимізація.

Прогноз ризиків і рейтингування. Існують дві базові інвестиційні стратегії: активна, заснована на прогнозах прибутковості тих або інших активів, і пасивна, в якій ринок вважають непередбачуваними, і головною метою ставлять мінімізацію ризиків. Оцінка інвестиційного ризику, таким чином, є одним з наріжних каменів фінансового аналізу.

Передбачення фінансових часових рядів. Прогноз фінансових часових рядів – необхідний елемент будь-якої інвестиційної діяльності. Сама ідея інвестицій – вкладення грошей зараз з метою отримання доходу в майбутньому – ґрунтується на ідеї прогнозування майбутнього. Відповідно, прогноз фінансових часових рядів лежить в основі діяльності всієї індустрії інвестицій – всіх бірж і небіржових систем торгівлі цінними паперами.