Міністерство освіти і науки України

Одеський національний морський університет

Кафедра експлуатації суднового
електрообладнання і засобів автоматики

МОНІТОРИНГ ПРОЦЕСІВ ТА ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

методичні вказівки до самостійної роботи

для магістрів спеціальності 271 «Морський та внутрішній водний транспорт»

Спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики»



Одеса - 2025

Моніторинг процесів та штучний інтелект: Методичні вказівки до самостійної роботи для підготовки магістрів спеціальності 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» / Укл. С.М. Дранчук, – Одеса: ОНМУ, 2025– 22 с.

Укладачі: Дранчук С.М., к.т.н., доцент,

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», протокол N8-24/25 от 30.03.2025 року.

© Одеський національний морський університет, 2025

Зміст

1. Робоча програма дисципліни……4
2. Зміст лекційного курсу дисципліни……5
3. Теми практичних занять до дисципліни……..6
4. Самостійна робота……16
5. Методи контролю……..16
6. Питання до самоконтролю……17
7. Методичне забезпечення……..21
8. Рекомендована література……21

1. Робоча програма дисципліни

Предметом дисципліни є системи моніторингу процесів в інтегрованій системі судна та основи штучного інтелекту для прийняття рішень за даними моніторингу.

Метою вивчення дисципліни «Моніторинг процесів та штучний інтелект» є формування професійних компетенцій магістра спеціальності 271 – «Морський та внутрішній водний транспорт» спеціалізації 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», що включає до себе:

– уявлення про основну структуру інтегрованої системи судна та місце в ній інтегрованої системи ходового мостика;

– уявлення про основні принципи побудови систем моніторингу енергетичного обладнання судна;

– уявлення про основні типи та принципи побудови нейронних мереж та методів їх навчання;

– одержання навичок роботи з інтерфейсами моніторингу в інтегрованій системі ходового мостику.

Дисципліна відноситься до вибіркових дисциплін і читається у 3 семестрі. Згідно освітньо-професійної програми підготовки магістрів: кількість кредитів за ECTS – 3, загальна кількість годин – 90, з них лекцій – 22 години, практичних занять – 8 годин, самостійної роботи – 60 годин, підсумкова форма контролю – залік.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен

знати:

– структуру інтегрованої системи судна та інтегрованої системи ходового мостика;

– структуру локальної мережі моніторингу судна;

– структуру основних систем моніторингу енергетичного обладнання судна;

– структуру та вимоги до реєстраторів даних рейсу (VDR, S-VDR);

– основи побудови та методів навчання нейронних мереж;

– здатність володіти загальними методами та засобами штучного інтелекту в суднових технічних системах;

– здатність проводити проектування суднових систем управління з штучним інтелектом на основі нечіткої логіки;

– готовність приймати участь в налагодженні та введенню в експлуатацію систем управління з елементами штучного інтелекту;

– здатність виконувати наукові дослідження систем управління з елементами штучного інтелекту;

вміти:

– розробляти та планувати технологічні процеси технічного обслуговування, реновації та ремонту морський (річковий) техніки на базі сучасних інформаційних технологій;

– оптимізувати режими роботи, стратегії використання і технічного обслуговування суднового електроенергетичного обладнання і засобів автоматики;
– організовувати збір, узагальнювати й аналізувати інформацію щодо технічного стану, екологічних і експлуатаційних характеристик різних типів суднового електроенергетичного обладнання і засобів автоматики в процесі їх експлуатації; розробляти рекомендації з їх вдосконалення;
– застосовувати методи інженерного прогнозування і супроводу діагностичних моделей для систем моніторингу і оцінки технічного стану різних типів морський (річковий) техніки в процесі її експлуатації;
– в умовах невизначеності застосовувати методи прийняття рішень при оперативному управлінні, контролі, діагностуванні технічного стану складових різних типів морської (річкової) техніки.

2. Зміст лекційного курсу дисципліни

Змістовий модуль 1. Інтегрована система судна та моніторинг суднових процесів

Тема 1. Інтегрована система судна (лекцій 2 години).

Основні терміни та визначення. Етапи прийняття рішення. Структура інтегрованої системи судна. Структура інтегрованої системи ходового мостика. Основні типи локальних інформаційних мереж на судні: RS-485, Ethernet. Захист інформаційних систем судна.

Тема 2. Моніторинг судових систем (лекцій 4 години)**.**

Основні принципи побудови систем моніторингу енергетичних систем судна та вимоги до них. Основні параметри двигунів, які передаються в інтегровану систему ходового мостика. Принцип дії та параметри датчиків частоти обертання валу, зусиль та обертального моменту валу: індуктивні, тензометричні та оптоелектронні. Основні вихідні інтерфейси датчиків: аналогові значення напруги, аналогові значення струму, цифровий послідовний вихід за інтерфейсом RS-485. Основні системи моніторингу енергетичного обладнання судна: система fleetECO та система ShipMonitoring. Відображення інформації моніторингу в інтегрованій системі ходового мостику.

Тема 3. Суднові реєстратори даних рейсу (лекцій 2 години)**.**

Головні причини появи на судах реєстратора даних рейсу. Основні нормативні документи по суднових реєстраторах даних рейсу. Основні вимоги до реєстраторів даних рейсу. Вимоги до записуючого пристрою VDR. Вимоги та основні формати до записуваних даних рейсу для VDR. Вимоги до записуваних даних рейсу для S – VDR. Структурні схеми VDR і S

– VDR. Базовий блок збору даних (DCU). Захищений накопичувач інформації: структура, основні вимоги та розташування.

Змістовий модуль 2. Штучний інтелект в інтегрованих системах судна.

Тема 4. Штучний інтелект на основі нейронних мереж (лекцій 8 годин)**.**

Основні поняття та визначення. Біологічний нейрон. Штучний нейрон. Активаційна функція штучного нейрона. Стохастична модель нейрона. Уявлення нейронних мереж за допомогою орієнтованих графів. Зворотній зв'язок в нейронних мережах. Архітектура нейронних мереж: одношарові мережі прямого розповсюдження, багатошарові мережі прямого розповсюдження, рекурентні мережі, нейронні мережі на основі радіально-базових функцій. Процеси навчання нейронних мереж. Навчання з вчителем: метод зворотного поширення похибки, метод випадкового пошуку, навчання за допомогою генетичних алгоритмів. Навчання без вчителя: метод Хебба, конкурентне навчання. Перспективи використання нейронних мереж в інтегрованих системах судна.

Тема 5. Штучний інтелект на основі нечіткої логіки (лекцій 4 години)**.**

Основні властивості нечітких множин Нечіткі алгоритми. Методи нечіткого логічного висновку. Види функцій належності та їх побудова. Операції над нечіткими множинами. Правила висновку в нечіткій логіці. Нечітка імплікація. Нечіткий логічний висновок за методом Мамдані. Нечіткий логічний висновок за методом Сугено. Приклади застосування нечітких систем у системах керування та прогнозування

3. Теми практичних занять до дисципліни

Робочою програмою дисципліни передбачується виконання 4 практичних занять, на яких студенти сумісно з викладачем виконують рішення типових задач.

Практичне заняття 1 – Моніторинг суднових систем. (4 години).

Мета заняття – знайомство зі структурою та складовими частинами системи моніторингу суднових систем.

Завдання: за заданим викладачем об’єктом моніторингу (головний двигун, генератор, пристрій підрулювання, гребний вал, протипожежна система судна, механічні напруження в корпусі судна, властивості високовольтної ізоляції чи ін.) розробити систему моніторингу об’єкту.

Запропонований порядок розробки структури моніторингу наступний:

1. Визначити мінімальну кількість параметрів, які необхідно отримувати від об’єкту моніторингу для забезпечення його нормальної роботи. Вибір параметрів обґрунтувати.
2. Визначити межові рамки цих параметрів для забезпечення нормальної роботи об’єкту. Вибір межових значень параметрів обґрунтувати.
3. Вибрати необхідні датчики, які забезпечать моніторинг параметрів об’єкту. Пояснити принцип роботи таких датчиків. При необхідності запропонувати пристрої для переводу аналогових сигналів датчиків у цифровий вигляд.
4. Вибрати та обґрунтувати систему індикації параметрів об’єкту моніторингу у часі.
5. Вибрати та обґрунтувати систему індикації відхилення параметрів об’єкту моніторингу від норми.
6. Вибрати інтерфейс передачі даних моніторингу у інтегровану систему судна. Поясніть основні вимоги до вибраного інтерфейсу та протокол його роботи.
7. Скласти структурну схему розробленої системи моніторингу вибраного об’єкту.

Результати виконання практичного завдання оформити у письмовому вигляді чорнилами, акуратно та розбірливе. Структурну схему необхідно виконувати, використовуючи креслярські інструменти. Можливе виконання завдання з використанням на комп’ютерних технологій.

Приклад структурної схеми моніторингу суднового обладнання наведений на рисунку 3.1.

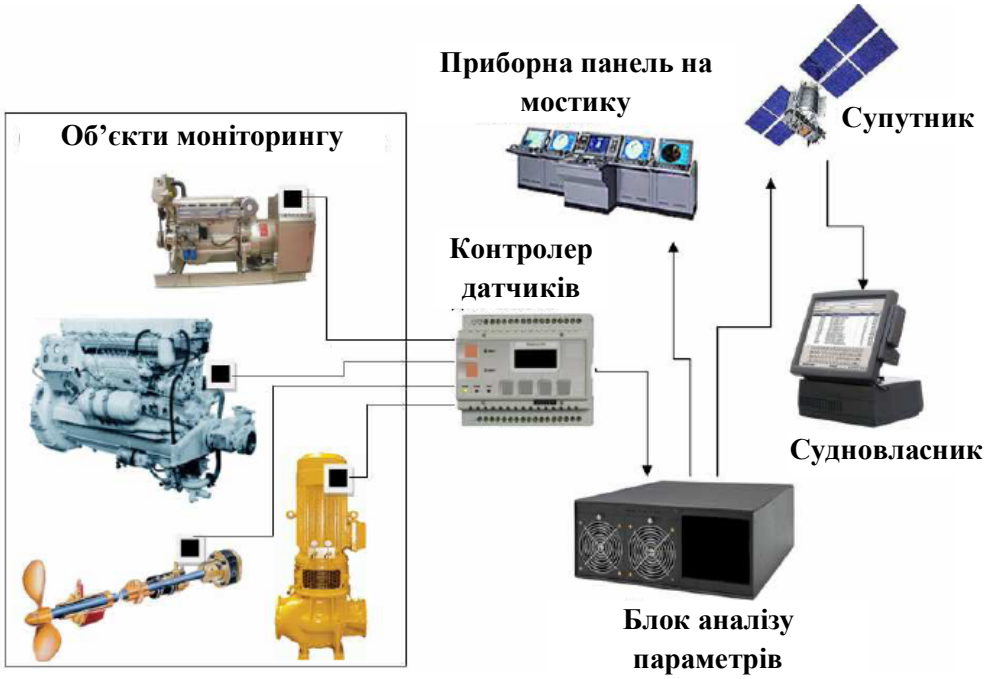


Рисунок 3.1 Структурна схема моніторингу суднових систем

Виходячи з визначення поняття моніторингу, як систематичного спостереження за заданими параметрами якось системи з визначеною

періодичністю, будь яка система моніторингу повинна мати наступні основні структурні елементи:

- об’єкт моніторингу, наприклад суднове енергетичне обладнання, дизель-генератори, гребний вал, корпус судна, судно в цілому та ін.;
- датчики основних параметрів об’єкту моніторингу, наприклад, для дизель-генератора це можуть бути – обороти, потужність, момент на валу, температура обмоток та ін. При моніторингу положення судна датчиками є – сигнали систем GPS , ГЛОНАСС, GNSS – за якими визначаються час, координати, курс та швидкість відносно курсу, гірокомпас (магнітний компас) – за яким визначається курс, відносний лаг за яким визначається швидкість відносно води, ехолот за яким визначається глибина під кілем, датчик кутової швидкості повороту та ін.;
- контролер сигналів датчиків, задача якого перетворювати аналогові вихідні сигнали датчиків у цифровий код, який повинен бути узгодженим з параметрами даної локальної мережі;
- мікропроцесорну систему (контролер), задача якого виконувати необхідні обробки сигналів від датчиків для візуалізації поточної інформації о параметрах системи моніторингу, порівняння цих параметрів з максимально можливими та формування при необхідності сигналів Alarm, а також бажано формувати рекомендації по оптимізації роботи об’єкту моніторингу;
- локальну мережу, за допомогою якої ці дані будуть передані в інтегровану систему мостику, де і відображаються на дисплеях та зберігаються в базі даних для наступного аналізу (при необхідності).

Практичне заняття 2. – Дослідження нейронних мереж. (4 години).

Мета заняття – знайомство з архітектурою та засобами навчання з вчителем нейронних мереж.

Завдання: за заданими викладачем параметрами мережі (таблиця 3.1) намалювати структуру тришарової нейронної мережі прямого розповсюдження (рисунок 3.2) та виконати 3 ступені навчання з вчителем згідно алгоритму зворотного розповсюдження похибки.

Метод зворотного розповсюдження похибки (Error Back Propagation) за своєю суттю – це метод градієнтного спуску, котрий застосовують для настроювання вагових коефіцієнтів w_{kj} так, щоб мінімізувати функцію похибки δ_j. Цей метод відноситься до методу навчання з вчителем і потребує функції активації, яка повинна бути безперервно диференціюємою (наприклад логістичною).

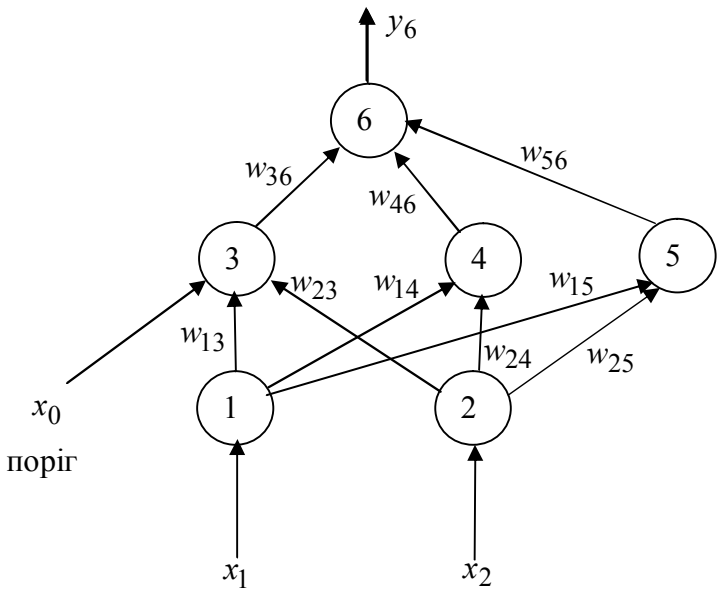


Рисунок 3.2 Тришарова нейрона мережа прямого розповсюдження
До пояснення навчання з вчителем методом зворотного розповсюдження похибки

Таблиця 3.1 Варіанти параметрів тришарової нейронної мережі прямого розповсюдження

№/№	x_0	x_1	x_2	w_{13}	w_{14}	w_{15}	w_{23}	w_{24}	w_{25}	w_{36}	w_{46}	w_{56}	y_6	a	η
1	0	0,2	0,5	-1	1	3	2	1	-2	1	2	4	0,4	1	0,85
2	0	0,2	0,5	-3	1	4	1	1	-2	1	2	-4	0,5	1	0,85
3	0	0,2	0,5	-3	1	4	1	1	-2	1	2	-4	0,4	2	0,85
4	0,5	0,2	0,5	-3	1	4	1	1	-2	1	2	-4	0,4	1	0,85
5	0	0,2	0,5	-0,5	2	2	1	4	-3	-2	2	4	0,7	1	0,85
6	0	0,4	0,6	-3	1	4	1	1	-2	1	2	-4	0,4	1	0,85
7	2	0,8	0,2	-2	2	0,5	1	4	-3	-2	2	4	0,7	0,5	0,85
8	0	0,2	0,5	-3	1	4	1	1	-1,8	0,9	1,8	-4	0,4	1	1,0
9	0,5	0,2	0,5	-3	1	4	1	1	-1,8	0,9	1,8	-4	0,6	2	1,0
10	0,6	0,8	0,2	-3	1	4	1	1	-1,8	0,9	1,8	-4	0,1	1,5	0,85
11	0	1	0,8	-1	-2	1	1	2	2	2	1	-2	0,5	1	0,6
12	0,8	1	0,8	-1	-2	1	1	2	2	2	1	-2	0,45	0,5	0,6
13	0,7	0,5	0,6	-2	-1	-1	2	1	3	1	-2	-2	0,2	0,8	0,7
14	0	0,8	0,8	-3	3	-1	1	2	2	2	-2	-3	0,25	1	0,9
15	0	2	1	2	1	-1	1	-2	2	-2	4	3	0,8	1	1
16	1,2	1,5	0,6	-3	-1	4	2	1	-2	-2	1	3	0,7	1,2	0,75
17	0	3	2	-1	-2	-2	1	2	3	-1	-2	-3	0,3	1	0,9
18	0,1	1,8	0,8	-2	-2	-2	1	-2	3	-1	-2	-3	0,6	1,1	0,9
19	0,1	1,8	0,8	-2	-2	-2	1	-2	3	-1	-2	-3	0,5	1,2	0,9
20	0,1	1,8	0,8	-2	-1,2	-1	1	-2	0,5	2	-2	-3	0,5	1,2	1,2
21	0,1	1,8	0,8	-2	-1,2	-1	1	-2	0,5	2	-2	-3	0,5	1,3	1,3
22	0,1	1,8	0,8	-2,1	-1,2	-1	1	-2	0,45	2	-2	-3,5	0,4	1,3	1,3
23	0,1	1,8	0,8	-3	1	4	1	1	-2	1	2	-4	0,6	1,3	1,3
24	0,1	1,8	0,8	-2	-2	-2	1	-2	3	-1	-2	-3	0,35	1,1	1,2
25	0	1,8	0,8	-3	-2	-2	1	-2	3	-1	-2	3	0,7	0,8	1

Запропонований порядок проведення навчання методом зворотного розповсюдження похибки наступний:

1. Задаємось значеннями ваги вхідних сигналів x_1, x_2, порогом x_0 бажаним значенням вихідного сигналу $y_6 = \varphi(netOpt)$, сигмоподібною логарифмічною функцією активації (логістичного типу) $\varphi(net) = \frac{1}{1+e^{-au}}$ та нормою навчання η згідно таблиці варіантів (таблиця 3.1).
2. Розрахунок виходу мережі в прямому напряму. Для цього необхідне розрахувати лінійну комбінацію вхідних сигналів кожного нейрона скритого шару з:

$$u_k = x_0 + \sum_{j=1}^{m} w_{kj} x_j \tag{3.1}$$

де w_{kj} – ваговий коефіцієнт синоптичного зв'язку, що з'єднує *k*-й нейрон шару *n* з *j*-м нейроном шару *n-1*;

x_j - значеннями ваги вхідного сигналу *j*-го нейрону.

3. Розрахуємо значення функції активації на виході кожного *k*-го нейтрона скритого шару згідно:

$$\varphi(net_k) = \frac{1}{1+e^{-au_k}} \tag{3.2}$$

4. Розрахуємо лінійну комбінацію вхідних сигналів вихідного нейрону згідно:

$$u_k = \sum_{j=1}^{m} w_{kj} x_j \tag{3.3}$$

5. Розрахуємо значення функції активації на виході вихідного нейрону згідно

$$\varphi(net_k) = \frac{1}{1+e^{-au_k}} \tag{3.4}$$

6. Переходимо до визначення похибки в зворотному напряму.
7. Розрахуємо похибку для вихідного нейрону від бажаного значення: $y_6 = \left(\varphi(net_{Opt})\right)$ з:

$$\delta_6 = \left(\varphi(net_{Opt}) - \varphi(net_6)\right) \cdot \frac{\partial\left(\varphi(net_k)\right)}{\partial u_k} \tag{3.5}$$

Оскільки похідна від функції активації логістичного типу дорівнює:

$$\frac{\partial\left(\varphi(net_k)\right)}{\partial u_k} = a\varphi(net_j) \cdot \left(1 - \varphi(net_j)\right)$$

то маємо

$$\delta_6 = a\left(\varphi(net_{Opt}) - \varphi(net_6)\right) \cdot \varphi(net_6) \cdot \left(1 - \varphi(net_6)\right) \tag{3.6}$$

8. Розрахуємо похибку для нейронів скритого шару від бажаного значення з:

$$\delta_j = a \cdot \delta_k \cdot w_{kj} \cdot \varphi(net_j) \cdot \left(1 - \varphi(net_j)\right) \quad (3.7)$$

де δ_j - похибка нейрону з індексом *j* шару *n-1*;

k - індекс, який відповідає шару *n*, що посилає похибку «назад»;

$\varphi(net_j)$ - функції активації нейрона шару *n-1* .

w_{kj} - ваговий коефіцієнт синоптичного зв'язку між нейронами.

9. Розрахуємо значення зміни вагових коефіцієнтів Δw_{jk} для вхідного шару нейронів мережі згідно:

$$\Delta w_{jk} = -\eta \delta_k x_j \quad (3.8)$$

де η - норма навчання;

x_j .- вага вхідного сигналу нейрона з індексом *j*;

δ_k - похибка нейрону шару *n*, що посилає похибку «назад»

10. Розрахуємо значення зміни вагових коефіцієнтів Δw_{jk} для скритого шару нейронів мережі згідно:

$$\Delta w_{jk} = -\eta \delta_k \varphi(net_j) \quad (3.9)$$

де $\varphi(net_j)$ - функція активації нейрону попереднього шару;

δ_k - похибка нейрону шару *n*, що посилає похибку «назад»

11. Коригуємо усі вагові коефіцієнти синоптичних зв'язків у штучній нейронній мережі згідно:

$$w_{jk}(t) = w_{jk}(t-1) + \Delta w_{jk}(t) \quad (3.10),$$

де індекс $(t-1)$ відноситься до попереднього значення коефіцієнту синоптичного зв'язку, а індекс (t) відноситься до нового значення коефіцієнту синоптичного зв'язку.

12. На цьому один прямий та один зворотній прохід навчання здійснено.
13. Далі повторюють ще один прохід, починаючі з п.2 з новими значеннями вагових коефіцієнтів синоптичних зв'язків w_{kj} .
14. Для того щоб пройти повний курс навчання, необхідне змінити вхідні данні x_0 *та* x_1, та повторити процес навчання з новими значеннями вагових коефіцієнтів синоптичних зв'язків багато разів повторюючи кроки 1-11 доки не отримуємо задовільного результату. При цьому алгоритм навчання залишається тім же, але дані набора навчання постійно змінюються.

Результати виконання практичного завдання оформити у письмовому вигляді чорнилами, акуратно та розбірливе. Архітектуру нейронної мережі необхідно виконувати, використовуючи креслярські інструменти. Можливе виконання завдання на комп'ютері.

Для заданого варіанту тришарової нейронної мережі порядок розрахунку буде наступний:

Крок 1. Ініціалізація вхідних значень (x_1, x_2), вагових коефіцієнтів $(w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{23}, w_{24}, w_{25}, w_{36}, w_{46}, w_{56},)$, зміщення (x_0), бажаного результату (y_{opt}), норми навчання (η) та сигмоподібною логарифмічною функцією активації (логістичного типу) $\varphi(net) = \frac{1}{1+e^{-au}}$ (значення a) згідно таблиці варіантів.

Крок 2. Розрахунок виходу y_k мережі в прямому напрямку:

1. Розрахунок лінійної комбінації вхідних сигналі кожного нейрона скритого шару з $u_k = x_0 + \sum_{j=1}^{m} w_{kj} x_j$:

$$u_3 = x_0 + x_1 \cdot w_{13} + x_2 \cdot w_{23}$$
$$u_4 = x_1 \cdot w_{14} + x_2 \cdot w_{24}$$
$$u_5 = x_1 \cdot w_{15} + x_2 \cdot w_{25}$$

2. Розрахунок функції активації виходу кожного нейрона скритого шару з $\varphi(net_k) = \frac{1}{1+e^{-au_k}}$:

$$\varphi_3 = \frac{1}{1+e^{-a \cdot u_3}}$$
$$\varphi_4 = \frac{1}{1+e^{-a \cdot u_4}}$$
$$\varphi_5 = \frac{1}{1+e^{-a \cdot u_5}}$$

3. Розрахунок лінійної комбінації вхідних сигналі нейрона вихідного шару з $u_k = \sum_{j=1}^{m} w_{kj} x_j$:

$$u_6 = \varphi_3 \cdot w_{36} + \varphi_4 \cdot w_{46} + \varphi_5 \cdot w_{56}$$

4. Розрахунок функції активації вихідного нейрону $\varphi(net_k) = \frac{1}{1+e^{-au_k}}$:

$$\varphi_6 = \frac{1}{1+e^{-a \cdot u_6}}$$

Крок 3. Розрахунок $\delta^{(N)}$для вихідного шару і похибки за вектором входу і відповідним йому вектором бажаного виходу для інших шарів:

1. Розрахуємо спочатку похибку для вихідного нейрону від бажаного значення: $y_6 = \left(\varphi(net_{Opt})\right)$ з:

$$\delta_6 = a\left(y_{opt} - \varphi_6\right) \cdot \varphi_6 \cdot \left(1 - \varphi_6\right)$$

2. Розрахуємо похибку для нейронів скритого шару від бажаного значення з $\delta_j = a \cdot \delta_k \cdot w_{kj} \cdot \varphi(net_j) \cdot \left(1 - \varphi(net_j)\right)$:

$$\delta_3 = a \cdot \delta_6 \cdot w_{36} \cdot \varphi_3 \cdot \left(1 - \varphi_3\right)$$

$\delta_4 = a \cdot \delta_6 \cdot w_{46} \cdot \varphi_4 \cdot (1 - \varphi_4)$

$\delta_5 = a \cdot \delta_6 \cdot w_{56} \cdot \varphi_5 \cdot (1 - \varphi_5)$

Крок 4. Розрахунок зміни ваг $\Delta w^{(N)}$ для вихідного шару з $\Delta w_{jk} = -\eta \delta_k \varphi(net_j)$:

$\Delta w_{36} = -\eta \cdot \delta_6 \cdot \varphi_5$

$\Delta w_{46} = -\eta \cdot \delta_6 \cdot \varphi_4$

$\Delta w_{56} = -\eta \cdot \delta_6 \cdot \varphi_5$

Крок 5. Розрахунок за $\Delta w_{jk} = -\eta \delta_k \varphi(net_j)$ зміни ваг $\Delta w^{(n)}$ для всіх інших шарів.

1. Для вхідного шару:

$\Delta w_{13} = -\eta \cdot \delta_3 \cdot x_1$

$\Delta w_{14} = -\eta \cdot \delta_4 \cdot x_1$

$\Delta w_{15} = -\eta \cdot \delta_5 \cdot x_1$

2. Для скритого шару:

$\Delta w_{23} = -\eta \cdot \delta_3 \cdot x_2$

$\Delta w_{24} = -\eta \cdot \delta_4 \cdot x_2$

$\Delta w_{25} = -\eta \cdot \delta_5 \cdot x_2$

Крок 6. Коригування всіх ваг у штучній нейронній мережі згідно $w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t)$:

1. Вхідного шару:

$w_{13}(new) = w_{13} + \Delta w_{13}$

$w_{14}(new) = w_{14} + \Delta w_{14}$

$w_{15}(new) = w_{15} + \Delta w_{15}$

2. Скритого шару:

$w_{23}(new) = w_{23} + \Delta w_{23}$ $\quad$ $w_{24}(new) = w_{24} + \Delta w_{24}$

$w_{25}(new) = w_{25} + \Delta w_{25}$

2. Вихідного шару:

$w_{36}(new) = w_{36} + \Delta w_{36}$ $\quad$ $w_{46}(new) = w_{46} + \Delta w_{46}$

$w_{56}(new) = w_{56} + \Delta w_{56}$

Перший прохід завершено

Крок 7. Повторюємо ***Крок 2…Крок 6*** з новими ваговими коефіцієнтами – другий прохід

Крок 8. Повторюємо ***Крок 2…Крок 6*** з новими ваговими коефіцієнтами – третій прохід

Після виконання 3-х проходів необхідно зробити висновок о здатності даної мережі до навчання, виходячи з наступних міркувань.

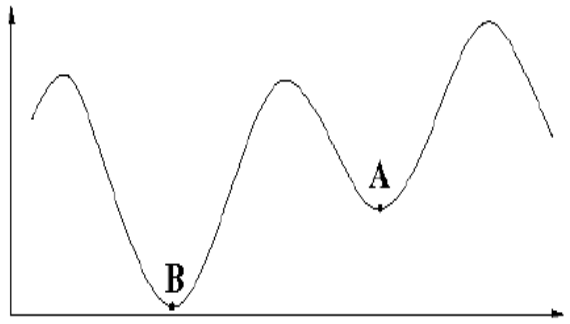


Рисунок 3.3 До проблеми локальних мінімумів

Початкові ваги зв'язків. Початкові ваги зв'язків є невеликими випадковими числами, що забезпечують для заданого вхідного вектору x_k таке значення $\varphi(net_k)$, при якому використовується лінійна ділянка сигмоподібної функції активації. Зазвичай це досягається, якщо значення u_{kj} лежать в діапазоні $\left[-\frac{3}{\sqrt{m}},+\frac{3}{\sqrt{m}}\right]$, де m – число входів відповідного нейрона. Неправильний вибір початкових ваг зв'язків може приводити до рішень, відповідних локальних мінімумів похибки персептрона, або до "попадання" на ділянку "плато" (рисунок 3.3).

Припустимо, що початкові значення похибки дорівнюють, або дуже близькі до точки А. Тоді малі зміни вагових коефіцієнтів викличуть підвищення похибки поблизу точки А, та будуть відхиленні, тобто найменше значення похибки, яке локалізується в точці В, не буде ніколи знайдено. З іншої сторони, великі зміни вагових коефіцієнтів можуть викликати таку різку зміну похибки, що не буде знайдений ні локальний мінімум в точці А, ні кінцевий мінімум в точці В.

Крім того в процесі навчання може виникнути ситуація, коли великі позитивні або негативні значення вагових коефіцієнтів змістять робочу точку на сигмоїдальній функції багатьох нейронів в область насичення Малі величини похідної від активаційної функції приведуть до зупинки навчання нейронній мережі (ефект ."плато").

Коефіцієнт навчання. Коефіцієнт навчання η чинить значний вплив на швидкість навчання багатошарового персептрона і збіжність рішення. Вибір η зазвичай здійснюють експериментально.

Відносно великі значення η забезпечують швидке навчання, але при цьому існує небезпека отримати невірне рішення. Малі значення η затягують процес навчання. Діапазон можливих значень η від 10^{-3} до 10. Окрім цього, конкретні значення η, вибрані на початку процесу навчання, можуть виявитися не зовсім відповідними у кінці навчання. Тому у ряді випадків η змінюють в ході навчання. Один із способів управління значенням η полягає в контролі помилки δ_k. Якщо корекція ваг зв'язків при виконаних за алгоритмом зворотного розповсюдження похибки призводить до збільшення помилки, то необхідно η зменшити. І навпаки, якщо помилка монотонно зменшується, то необхідно збільшити η. Існує правило управління коефіцієнтом навчання:

$$\Delta\eta = \begin{cases} +a, \text{ якщо } \Delta\delta < 0, \\ -b\eta, \text{ якщо } \Delta\delta > 0, \\ 0, \text{ якщо } \Delta\delta = 0, \end{cases}$$

де a і b - позитивні константи.

Додавання моменту інерції. Оскільки алгоритм алгоритмом зворотного поширення похибки базується на використанні методу градієнта, то при великих значеннях параметра η по мірі наближення до мінімуму похибки, можливі осциляції. Для того щоб виключити осциляції, в правило оновлення ваг зв'язків вводять момент інерції.

Припустимо, що зміна ваги Δw_{ij}^n на поточному кроці відповідала $\Delta w_{ij}^n(t)$. Для наступного моменту часу зміна ваги $\Delta w_{ij}^n(t+1)$ має бути пропорційне градієнту $-\eta\dfrac{\partial\delta}{\partial w_{ij}^k(t)}$. Додавання моменту інерції дозволяє на кожному кроці частково зберігати попередній напрям зміни ваг зв'язків.

Перенавчання. У процесі навчання безліч прикладів, які містять в собі набор вхідних та бажаних даних розбивається на дві підмножини X1 і X2. Для навчання використовуються тільки елементи підмножини X1, яка дозволяє сформувати повчальну послідовність. Сукупність елементів з X2 утворює перевірочну послідовність.

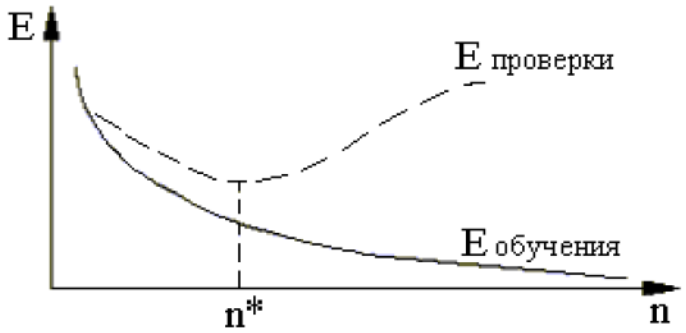


Рисунок 3.4 Залежність нейронної мережі від кількості циклів навчання

На рисунку 3.4 показаний якісний характер залежності помилки нейронної мережі на етапі навчання і на етапі перевірки. від кількості циклів навчання. Спочатку обидві помилки зменшуються. Це означає, що мережа коректно навчається на структури даних, які властиві простору вхідних сигналів. Проте якщо мережа є надмірно гнучкою (тобто має велику кількість ступенів свободи, ніж необхідне), то помилка перевірки після деякого числа циклів навчання починає зростати. Це означає, що при навчанні мережа швидше враховує особливості властиві конкретних наборів даних X1, а не особливостей структурних даних, що представляють вхідні образи. Наприклад, дані з X1 може бути зашумлені, і мережа в цьому випадку узагальнює властивості шуму. Тоді говорять, що мережа "перенавчалася". В зв'язку з цим виникає питання про правильність вибору структури нейронної мережі.

Якщо помилка перевірки зростає, то необхідно скоротити число нейронів прихованих шарів ШНМ. В той же час, якщо обидві помилки зменшуються, але залишаються відносно великими до кінця процесу навчання, то необхідно збільшити число нейронів прихованих шарів.

4. Самостійна робота

Робочою програмою дисципліни передбачується загальний обсяг самостійної роботи в обсязі 60 годин.

Пропонується наступний розподіл часу самостійної роботи студента, який наведений у таблиці.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Інтегрована система судна	6
2	Моніторинг судових систем.	10
3	Суднові реєстратори даних рейсу.	10
4	Архітектура нейронних мереж	6
5	Навчання з вчителем методом поширення зворотної похибки.	6
6	Навчання без вчителя методом Хебба.	6
7	Основні закони нечіткої логіки.	6
8	Нечіткий логічний висновок за методом Мамдані. та Сугено.	10
	Разом	60

5. Методи контролю

Відповідно до робочої програми та видів навчальної роботи, контролю підлягають всі складові знань дисципліни «Моніторинг процесів та штучний інтелект»»: теоретичні знання, результати виконання практичних завдань.

Сумарні бали складуються з трьох частин контролю: одного поточного тестування (максимально – 100 балів) та підсумкового (залікового) контролю (максимально – 100 балів). Оцінка по дисципліні розраховується як середнє значення за результатами поточного контролю та заліку.

Розподіл балів поточного тестування за темами дисципліни наведені нижче у таблиці.

Таблиця. Розподіл балів, які отримують студенти (Приклад для заліку)

Поточне тестування та самостійна робота					Сума	залік
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2		100	100
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5		
20	20	20	20	20		

Т1, Т2 ... Т5 – теми змістових модулів.

При формуванні сумарних балів слід керуватися системою критеріїв оцінок знань студентів, яка діє в ОНМУ:

При формуванні сумарних балів слід керуватися системою критеріїв оцінок знань студентів, яка діє в ОНМУ:

- оцінка «відмінно» (А 90-100 балів) виставляється за глибоке всебічне знання теорії і практичної сторони питань; здібності і уміння використовувати теоретичні знання для вирішення поставлених

практичних задач; використання у повному рівні нормативно-технічної документації; чітке, ясне і лаконічне викладання матеріалу;

- оцінка «добре» (B 82-89 балів, C 74-81 балів) виставляється за впевнене володіння теорією і практикою дисципліни, але окремі спеціальних та/або виключних питань і деталей, потребують більш поглиблених знань; вміння використовувати знання на практиці; достатньо повне засвоєння нормативно-технічної документації; хороше викладання матеріалом;
- оцінка «задовільно» (D 64-73 балів, E 60-63 балів) виставляється за достатні знання основних положень, понять та категорій по теорії і практиці дисципліни; уміння застосовувати знання для рішення більшості практичних задач; знання основної нормативно-технічної документації; достатньо виразне викладання матеріалу;
- оцінка «незадовільно» (F 59 і менш балів) виставляється за недостатні знання головних положень, понять і категорій з теорії і практиці дисциплін; невміння використовувати знання на практиці; незнання основної нормативно-технічної документації; непослідовне, невиразне викладання матеріалу.

6. Питання до самоконтролю

1. Приведіть визначення та пояснить поняття автоматичної та автоматизованої системи. Визначить роль процесу моніторингу в них.
2. Приведіть визначення інтерфейсу системи. Які типи інтерфейсів використовують в суднових системах. Опишіть принцип їх роботи.
3. Опишіть структуру інтерфейсу RS485. Які у нього переваги та недоліку?
4. Що таке інтерфейс Ethernet. Як вирішується в ньому колізії? Як організується напівдуплексний режим роботи?
5. Опишіть інтегровану систему судна. Наведіть приклади її основних підсистем.
6. Що таке інтегрована система ходового мостику? Яке місце вона займає у інтегрованій системі судна?
7. Яким чином виконується захист інформаційної системи судна? Для чого він потрібен?
8. Наведіть структурна схему моніторингу параметрів суднових енергетичних систем. Поясніть призначення елементів системи.
9. Які основні параметри суднових енергетичних систем відображаються в інтегрованій системі ходового мостику? Поясніть чому?
10. Приведіть принцип дії індуктивних датчиків обертання валу. Вкажіть їх переваги та недоліки.
11. Приведіть принцип дії датчиків обертання валу на основі тензорезисторів. Вкажіть їх переваги та недоліки.

12. Приведіть принцип дії індуктивних датчиків виміру обертального моменту на валу. Вкажіть іх переваги та недоліки.
13. Приведіть принцип дії оптоелектронних датчиків виміру обертального моменту на валу. Вкажіть їх переваги та недоліки.
14. Приведіть принцип дії датчиків виміру обертального моменту на валу на основі тензорезисторів. Вкажіть їх переваги та недоліки.
15. Опишіть систему моніторингу стану корпуса судна. На використанні яких датчиків вона побудована?
16. Опишіть систему моніторингу енергетичного обладнання судна fleetECO.
17. Опишіть систему моніторингу енергетичного обладнання судна ShipMonitoring
18. Приведіть основні вимоги до оснащення суден реєстраторами даних рейсу згідно нормативним документам IMO.
19. Приведіть основні вимоги до реєстраторів даних рейсу згідно нормативним документам IMO.
20. Приведіть основні вимоги до до записуючого пристрою реєстраторів даних рейсу згідно нормативним документам IMO..
21. Чим відрізняється S-VDR від VDR? На яких типах суден вони встановлюються? Відповідь обґрунтуйте.
22. Які дані по моніторингу головного двигуна та в якому форматі записуються в VDR згідно нормативним документам IMO.
23. Які дані по основним аварійним сигналам та в якому форматі записуються в VDR згідно нормативним документам IMO.
24. Які дані та в якому форматі записуються в S-VDR згідно нормативним документам IMO.
25. Наведіть структурну схему S-VDR та поясніть призначення його вузлів.
26. Наведіть структурну схему VDR та поясніть призначення його вузлів.
27. Які типи вихідних сигналів датчиків обробляються блоком DCU? Поясніть призначення цього блоку.
28. Наведіть структурну схемуDRUта поясніть призначення його вузлів.
29. Як оцінити об’єм зберігаємої інформації від мовних сигналів?
30. Як оцінити об’єм зберігаємої інформації від відео сигналів?
31. Опишіть основні вимоги та правила розташування блоку DCU на судні згідно нормативним документам IMO.
32. Опишіть основні вимоги та правила розташування захисної капсули на судні згідно нормативним документам IMO.
33. Приведіть різницю в вимогах до стаціонарної та спливаючої захисної капсули згідно нормативним документам IMO.

34. Які маяки мають спливаюча та стаціонарна захисна капсула? Для чого вони необхідні? Наведіть вимоги до їх роботи згідно нормативним документам ІМО.
35. В чому різниця між класичною системою управління та на основі нейронних мереж.
36. Наведіть переваги та недоліки нейронних мереж.
37. Наведіть структуру по поясніть роботу біологічного нейрону дендритного типу.
38. Що таке дендрит? Аксон? Синопсис? Рецептор? Поясніть їх роль в роботі головного мозку.
39. Поясніть структуру біологічної нейронної мережі.
40. Приведіть структуру та поясніть роботу штучного нейрону.
41. Наведіть модель штучного нейрона та поясніть її.
42. Поясніть призначення активаційної функції в роботі штучного нейрону.
43. Що таке порогова активаційна функція? Наведіть її математичний опис та графічне зображення.
44. Що таке кускова-лінійна активаційна функція? Наведіть її математичний опис та графічне зображення.
45. Що таке сигмоподібна активаційна функція? Наведіть її математичний опис та графічне зображення.
46. Що таке радіально-базова активаційна функція? Наведіть варіант її математичного опису та графічне зображення.
47. Поясніть схоластичну модель нейрона. Як він працює?
48. Що таке персептрон? Наведіть його модель.
49. Поясніть уявлення нейрону за допомогою орієнтованих графів. Як оцінюється проходження сигналу в цій моделі?
50. Поясніть різницю між повним та частковим графами .
51. Що таке зворотній зв'язок в нейронній мережі? Для чого він використовується?
52. Наведіть структуру та поясніть проходження сигналів в одношаровій мережі прямого розповсюдження.
53. Наведіть структуру та поясніть проходження сигналів в багатошаровій мережі прямого розповсюдження.
54. Наведіть структуру та поясніть проходження сигналів в рекурентній мережі.
55. Що таке мережа Хопфілда?
56. Що таке мережа Кохонена?
57. Наведіть структуру та поясніть проходження сигналів в нейронній мережі на основі радіально-базових функцій.
58. Що таке процес навчання нейронної мережі за допомогою вчителя? Які основні методи навчання з вчителем?

59. Що таке процес навчання нейронної мережі без вчителя? З підкріпленням? Чим вони відрізняються від метода навчання з вчителем?
60. Опишіть алгоритм навчання нейронної мережі згідно методу зворотного поширення похибки.
61. Які труднощі виникають при використанні алгоритму зворотного поширення похибки? Яким чином можливо їх уникнути?
62. Що таке процес навчання нейронної мережі по алгоритму випадкового пошуку?
63. Що таке процес навчання нейронної мережі по генетичному алгоритму?
64. Опишіть метод Хебба при навчанні нейронної мережі без вчителя.
65. Опишіть метод конкурентного навчання нейронної мережі без вчителя.
66. Яким чином використовують нейронні мережі в інтегрованих системах судна. Які перспективи є у такому використанні нейронних мереж?
67. Що таке нечітка логіка та нечіткі множини?
68. Опишіть кусково-лінійні функції належності в нечіткій логіці.
69. Опишіть S-подібні функції належності в нечіткій логіці.
70. Опишіть дзвоноподібну функцію належності в нечіткій логіці.
71. Опишіть операцію перетину в нечіткій логіці. Яка операція в класичній логіці відповідає її?
72. Опишіть операцію об'єднання в нечіткій логіці. Яка операція в класичній логіці відповідає її?
73. Опишіть операцію доповнення в нечіткій логіці. Яка операція в класичній логіці відповідає її?
74. Які властивості мають основні операції в нечіткій логіці? Опишіть ці властивості.
75. Які правила висновку існують в класичній логіці? Поясніть ці правила. Чим ці правила будуть відрізнятися від правил висновку в нечіткій логіці?
76. Опишіть основні етапи системи висновку нечіткої логіки.
77. Що таке база правил? Навіщо вона потрібна в системі висновку нечіткої логіки?
78. Яку роль відіграє фаззифікація в системі висновку нечіткої логіки? Навіщо вона потрібна ?
79. Яку роль відіграє агрегація в системі висновку нечіткої логіки? Навіщо вона потрібна?
80. Яку роль відіграє активація в системі висновку нечіткої логіки? Навіщо вона потрібна?
81. Яку роль відіграє аккумуляція в системі висновку нечіткої логіки? Навіщо вона потрібна?

82. Яку роль відіграє дефаззифікація в системі висновку нечіткої логіки? Навіщо вона потрібна? Наведіть основні методи дефаззифікації.
83. Поясніть алгоритм нечіткого виводу за методом Мамдані.
84. Поясніть алгоритм нечіткого виводу за методом Сугено.
85. Що таке нечіткі нейронні мережі? Наведіть приклад, та поясніть призначення її складових..
86. Які переваги та недоліки мають нейронні мережі на основі нечіткої логіки в системах управління?
87. Послідовна схема управління на з використанням нечіткої нейронної мережі.
88. Паралельна схема управління на з використанням нечіткої нейронної мережі.

7. Методичне забезпечення

1. Моніторинг процесів та штучний інтелект. Навчальний посібник для підготовки магістрів спеціальності 271 «Річковий та морський транспорт»,спеціалізації 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики». Одеса: Одеський національний морський університет, 2023 –133 с.
2. Моніторинг процесів та штучний інтелект:: Методичні вказівки до виконання практичних занять для підготовки магістрів спеціальності 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» / Укл. С.М. Дранчук, – Одеса: ОНМУ, 2023– 14 с.

12. Рекомендована література

12.1. Основна

1. Методи та системи штучного інтелекту: навч. посіб. / Уклад.: А.С.Савченко, О.О.Синельніков. – К.: НАУ, 2017. – 190 с.
2. Субботін С.О. Нейронні мережі: теорія та практика: навч. посібн. / С.О. Субботін.- Житомир: Вид. О.О.Євенок, 2020. – 184 с.
3. Вовк О.Б.,Шаховська Н.Б., Камінський Р.М. Системи штучного інтелекту. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – 392 с.
4. Булгакова О.С., Зосімов В.В.,Поздєєв В.О. Методи та системи штучного інтелекту: теорія та практика. –Херсон: Олді-плюс, 2020. – 356 с.
5. Апостолюк В. О. Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій /В. О. Апостолюк, О. С. Апостолюк. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 88 с.

6. Завадський В.А. Електронні засоби і системи охорони судна: навч. посібн. /В.А.Завадський, С.М.Дранчук.- Одеса: ОНМА, 2012. – 164 с.

12.2. Допоміжна

1. Завальнюк О.П. Автоматичний моніторинг технічного стану корпусу сукдна в процесі його експлуатації /Восточно-Европейский журнал передовых технологий: ISSN 1729-3774, № 5/7 (77) 2015, с.36-39.
2. Харченко Р.Ю. Гібридні інтелектуальні мережі для суднових систем мікроклімату. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2018.- 261 с.
3. Phelps B., Morris, B. Review of Hull Structural Monitoring Systems for Navy Ships/ Technical rept. № ADA588962: Australia, 2013. – 152 p.

Інформаційні ресурси

1. Система моніторингу енергетичного обладнання судна : http://www.fleeteco.com/about.php
2. Система дистанційного контролю параметрів роботи суднового дизельного енергетичного обладнання з WEB-доступом “ShipMonitoring”: http://www.shipmonitoring.org