

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра комп'ютерних систем та технологій



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВЛ06 Нейронні мережі в кіберфізичних системах

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 «Інформаційні технології»
Спеціальність	123- Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерна інженерія

ОНУ
Одеса
2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Нейронні мережі в кіберфізичних системах» – Одеса: ОНУ, 2024.

Розробник: доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних систем та технологій Михайленко В.С.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від "29" серпня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ (Юрій ГУНЧЕНКО)

Погоджено із гарантом ОПП «Комп'ютерна інженерія»

_____ (Людмила ВОЛОЩУК)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ

Протокол № 1 від "30" серпня 2024 р.

Голова НМК _____ (Лариса МАРТИНОВИЧ)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № від "___" серпня 202 р.

Завідувач кафедри _____

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № від "___" серпня 202 р.

Завідувач кафедри _____

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	<i>заочна форма навчання</i>
Загальна кількість: кредитів – 3 годин – 90 змістових модулів – 2	Галузь знань 12 Інформаційні технології Спеціальність 123 «комп'ютерна інженерія» Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Вибіркова	
		<i>Рік підготовки:</i>	
		4-й	5-й
		<i>Семестр</i>	
		8-й	10-й
		<i>Лекції</i>	
		24 год.	6 год
		<i>Практичні, семінарські</i>	
		-	
		<i>Лабораторні</i>	
		24 год.	6 год.
		<i>Самостійна робота</i>	
		42 год.	78 год.
Форма підсумкового контролю: іспит			

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета. Дисципліна є вибірковою дисципліною для підготовки бакалаврів по спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». Метою дисципліни є вивчення теорії нейронних мереж (НМ) та алгоритмів навчання та застосування НМ у кіберфізичних системах (КФС).

Завдання:

Дисципліна пов'язана з теоретичною та практичною складовою сучасних нейронних мереж у КФС. Надання студентам базових знань щодо сучасних методів навчання НМ, характеристик і функціональних можливостей нейромережевих алгоритмів управління смарт – системами різного призначення, програмних рішень для нейромережевих контролерів.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей:**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Інтегральна:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

. Загальних:

К31. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

К32. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

К33. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Спеціальних:

КС3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

КС4. Здатність забезпечувати захист інформації, що обробляється в комп'ютерних та кіберфізичних системах та мережах з метою реалізації встановленої політики інформаційної безпеки.

КС5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

Програмні результати навчання

ПР9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПР10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРМ4 Розробляти та застосовувати моделі представлення знань, стратегії логічного виведення, технологій інженерії знань, технологій і інструментальних засобів побудови інтелектуальних систем і систем штучного інтелекту.

ПРМ5 Вміти аргументувати вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем, розробляти та програмувати інформаційні системи сучасного рівня технологій з використанням прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем, мереж та середовищ.

Очікувані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: типи нейронних мереж: основи, архітектура та приклади застосування; нейронних мереж для моніторингу стану кіберфізичних систем; роль нейронних мереж в управлінні та автоматизації кіберфізичних систем; методи навчання нейронних мереж для кіберфізичних систем

вміти:

- навчати нейромережі для рішення задач управління технічними засобами смарт – систем ;

- здатність працювати з системами, які інтегрують фізичні пристрої та цифрові компоненти, такі як сенсори, виконавчі механізми, процесори та мережі.
- Принципи управління та автоматизації КФС: знання основ керування робототехнікою, промисловими системами та IoT.
- знання архітектур (CNN, RNN, GAN, трансформери тощо) та принципів їх роботи.
- здатність навчати моделі на реальних даних, оптимізувати їх та застосовувати у задачах класифікації, прогнозування, розпізнавання зображень, текстів і сигналів.
- досвід використання TensorFlow, PyTorch, Keras, Scikit-learn та інших бібліотек.

3. Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

Принципи дії КФС

Тема 1. Вступ до кіберфізичних систем і роль нейронних мереж у їх розвитку.

Тема 2. Типи нейронних мереж: основи, архітектура та приклади застосування. Глибоке навчання.

Тема 3. Застосування нейронних мереж для моніторингу стану кіберфізичних систем.

Тема 4. Роль нейронних мереж в управлінні та автоматизації кіберфізичних систем

Тема 5. Методи навчання нейронних мереж для кіберфізичних систем

Тема 6. Використання глибокого навчання в аналізі даних кіберфізичних систем.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

Нейро – контролері у системах автоматизації

Тема 7. Реалізація та оптимізація нейронних мереж у контролерах для систем реального часу обладнання смарт – систем.

Тема 8. Інтелектуальні системи управління та безпеки на основі нейронних мереж у кіберфізичних середовищах

Тема 9. Прогнозування і діагностика несправностей за допомогою нейронних мереж у КФС.

Тема 10. Адаптивні нейронні мережі для роботи у змінних умовах кіберфізичних систем. Принцип дії адаптивних САУ.

Тема 11. Програмні засоби розробки нейромережових експертних систем і систем управління обладнанням смарт - будинку. Особливості застосування пакетів MatLab і бібліотек Python

Тема 12. Етичні питання та виклики використання нейронних мереж у кіберфізичних системах.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Очна (денна) форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.										
Тема 1. Вступ до кіберфізичних систем	4	2			2	5				5
Тема 2. Типи нейронних мереж для рішення задач КФС	8	2		4	2	10	1			9
Тема 3. Застосування нейронних мереж у КФС	4	2			2	5	1			4
Тема 4. Роль нейронних мереж в управлінні та автоматизації кіберфізичних систем	8	2		4	2	9	1			8
Тема 5. Методи навчання нейронних мереж для кіберфізичних систем	4	2			2	5	1			4
Тема 6. Використання глибокого навчання. Аналіз великих даних КФС	8	2		4	2	10			2	8
Разом за змістовим модулем 1	36	12		12	12	44	4		2	38
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.										
Тема 7. Реалізація та оптимізація нейронних мереж у контролерах	6	2		2	2	8	1			7
Тема 8. Інтелектуальні системи управління	6	2		2	2	8	1			7
Тема 9. Прогнозування і діагностика	6	2		2	2	8			2	6
Тема 10. Адаптивні нейронні мережі	9	2		4	3	9			2	7
Тема 11. Програмні засоби КФС	4	2		0	2	6				6
Тема 12. Етичні питання КФС	7	2		2	3	7				7
Разом за змістовим модулем 2	38	12		12	14	46	2		4	40
ІДЗ	16				16					
Всього годин	90	24		24	42	90	6		6	78

4 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Створення моделі прогнозування часового ряду для кіберфізичної системи (Python, Pandas, Scikit-learn)	4	
2	Детекція аномалій у кіберфізичних системах за допомогою нейронних мереж (Python, PyTorch)	4	
3	Аналіз і оптимізація параметрів глибокої нейронної мережі (Python, TensorFlow)	4	2
4	Використання згорткових нейронних мереж (CNN) для обробки візуальних даних у кіберфізичних системах (Python, OpenCV)	4	2
5	Ідентифікація стану системи за допомогою рекурентних нейронних мереж (RNN) (Python, Keras)	4	2
6	Імітація роботи кіберфізичної системи в MATLAB з інтеграцією нейронної мережі	4	
Разом		24	6

5 Теми практичних занять

не передбачені навчальним планом

5. Теми семінарських занять

Семінари не передбачені навчальним планом

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/ види завдань	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Реалізація самоорганізуючої карти Кохонена для кластеризації даних (Python, MiniSom)	4	11
2	Впровадження нейронної мережі для управління динамічним об'єктом у реальному часі (MATLAB Simulink)	4	11
3	Використання Python для візуалізації роботи нейронної мережі у кіберфізичній системі (Seaborn, Matplotlib)	4	11
4	Оптимізація енергоспоживання кіберфізичної системи за допомогою машинного навчання (Python, Scikit-learn)	4	11

5	Порівняння продуктивності нейронних мереж у Python і MATLAB: моделювання і аналіз результатів	4	11
6	Моделювання кіберфізичної системи розумного будинку на основі IoT та алгоритмів машинного навчання	4	12
7	Вивчення взаємодії програмної частини (керівної програми) із фізичним пристроєм КФС.	2	11
	Індивідуальне науково-дослідне завдання (ІНДЗ) побажання студента «Створення нейромережева систему управління обладнанням КФС» ІНДЗ включає 3 складові 1) обґрунтування особливостей наукового дослідження з використанням сучасних інформаційних технологій (на прикладі впровадження нечітких технологій), доцільності тощо (3-5 сторінок друкованого тексту з актуальністю, метою, завданням); 2) Створення елементів ІТ-системи (інформаційної системи) за темою та/або напрямом наукового дослідження, включає створення системи (підсистеми) аналізу та/або планування та/або прогнозування з використанням сучасних методів. 2) мультимедійна презентація (5 – 8 слайдів) щодо використання нечітких систем у інформаційних технологіях.	16	
	Разом	42	78

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи:

1. Структура – короткі повідомлення оформлюються на папері (2-3 сторінки) або у вигляді короткої презентації із використанням застосунків для створення презентацій. Друкований текст – 14 кегль, інтервал 1,5, Times New Roman. Вимогою до презентації є яскравість, інформативність, презентабельність (5-7 слайдів для короткого повідомлення). Усі матеріали мають супроводжуватись переліком використаних інформаційних джерел.

2. Критерії для оцінювання: – своєчасність виконання; – добросовісність та коректність у представленні текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються); – повнота, грамотність і коректність

розкриття основних положень; – творчий підхід до постановки і реалізації завдання; – відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо). – вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань. 3. Критерії щодо виконання та оцінювання ІНДЗ. Оформлене ІНДЗ розміщується в будь-якому «хмарному середовищі» із доступом викладача. Критерії щодо оформлення та оцінювання співпадають із критеріями оцінювання самостійної роботи.

9. Методи навчання

1. Методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності: а) за джерелом інформації – словесні (пояснення, розповідь, бесіда), наочні (спостереження, демонстрація), практичні (моделювання). б) за логікою передачі і сприймання навчальної інформації (індуктивні, дедуктивні, аналітичні, синтетичні); в) за ступенем самостійності мислення (репродуктивні, пошукові, дослідницькі); г) за ступенем керування навчальною діяльністю (під керівництвом викладача, самостійна робота студентів). 2. Методи стимулювання інтересу до навчання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності: навчальні дискусії, створення ситуації пізнавальної новизни, інтерактивні вправи та завдання. Форми організації: лекція (традиційна, бінарна («у двох»)), проблемна, лекція-диспут) із застосуванням інформаційно-комунікативних технологій (презентації), практичні заняття із розробки та апробації інформаційних технологій викладання дисципліни за фахом, самостійна робота. Методи навчання: лекція, навчальна дискусія, бесіда, інструктаж, мікрвикладання, інтерактивні, проблемно-пошукові методи, навчальне проектування, підготовка проекту та його захист, розв'язання ситуаційних задач, створення ситуації пізнавальної новизни, евристична бесіда, демонстрація, ілюстрація, підготовка доповідей і презентацій, написання есе, виступи з доповідями, розв'язання педагогічних ситуацій, самостійна робота з іншомовними науковими та науково-методичними джерелами, з нормативними документами.

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний та підсумковий контроль здійснюється в результаті оцінювання виконання самостійної роботи здобувачів, виконання практичних вправ та захисту індивідуального завдання та складання іспиту.

Поточний контроль: опитування, написання міні-доповідей, виступи з презентаціями, виконання практичних вправ; розв'язання ситуаційних задач, тестові завдання. Форми оцінювання: усне опитування, перевірка розв'язку ситуаційних задач, тестування, оцінювання активності студента у процесі занять, (внесення пропозицій, оригінальних рішень, уточнень, доповнень), оцінювання виступів та презентацій, оцінювання виконання завдань самостійної роботи, оцінювання змісту індивідуального завдання та його захисту, оцінювання аналізу і самоаналізу завдань.

11. Питання для поточного та підсумкового контролю

Екзаменаційні питання курсу "Нейронні мережі в кіберфізичних системах"

Базові питання (теорія та основні поняття):

1. Що таке нейронна мережа та які види нейронних мереж ви знаєте?
2. Поясніть принципи роботи та наведіть приклади їх застосування у кіберфізичних системах.
3. Які ключові компоненти входять до складу кіберфізичної системи?
4. Опишіть роль нейронних мереж в управлінні та аналізі даних у таких системах.
5. Які функції активації використовуються в нейронних мережах і в чому їхня різниця?
6. Наведіть приклади ситуацій, де певні функції активації найкраще підходять.
7. Що таке перенавчання в нейронних мережах? Які методи можна використовувати для запобігання перенавчанню?
8. Опишіть процес навчання нейронної мережі.
9. У чому полягають етапи прямого поширення, зворотного поширення помилки та оптимізації?

Практичні питання (інтеграція та реалізація):

1. Як відбувається інтеграція нейронної мережі до кіберфізичної системи?

2. Опишіть кроки, починаючи з збору даних до роботи навченої моделі в реальному часі.

3. Які проблеми можуть виникнути під час обробки даних від сенсорів у кіберфізичних системах? Як нейронні мережі допомагають вирішувати ці проблеми?

5. Поясніть, як працюють згорткові нейронні мережі (CNN).

6. Які завдання у кіберфізичних системах вирішуються з їх використанням?

7. Які переваги та недоліки має використання рекурентних нейронних мереж (RNN) у системах управління? Наведіть приклади їх застосування у задачах прогнозування чи управління.

9. Опишіть алгоритми оптимізації, які використовуються для навчання нейронних мереж. Які їх застосовуються до роботи з великими даними у час?

Питання про застосування та тенденції:

1. Як нейронні мережі використовуються для керування автономними системами?

2. Наведіть приклади застосування у робототехніці чи безпілотних пристроях.

3. Які проблеми та ризики пов'язані з використанням нейронних мереж у критично важливих кіберфізичних системах? Як їх можна мінімізувати?

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний та періодичний контроль												Індивідуальне самостійне завдання (за бажанням)	Ітоговий контроль Іспит	Сума балів
Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12			
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	16	40	100

T1...T9 – теми.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
90-100/ зараховано	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.

	узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	
75-89 / зараховано	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість практичних завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
60-74 /зараховано	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину практичних завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
35-59 / не зараховано з можливістю повторного складання	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки складно; під час відповіді допускаються суттєві помилки.	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі практичні завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
0-34/ не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12. Форма підсумкового контролю – залік, виставляється за кількістю балів, набраних в семестрі (згідно зі шкалою оцінювання з п. 12).

13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспект (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

1. Михайленко В.С., Гунченко Ю.О., Мартинович Л.Я. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»: ОНУ., 2022 р – 42 с. (електрона версія)

14. Рекомендована література

Основна

1. Баклан І.В. Експертні системи. Навчальний посібник / І.В. Баклан. – К.: НАУ, 2012. – 132 с. – Режим доступу:
2. Гірінова Л.В. Інформаційні системи та технології. Частина 1. Технічне та програмне забезпечення інформаційних технологій та систем: навч. посібник / Л.В. Гірінова, І.Г. Сибірякова. – Харків: Monograf, 2016. – 121 с.
3. Грицунов О.В. Інформаційні системи та технології: навч. посіб. / О.В. Грицунов. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 222 с.
4. Методи та системи штучного інтелекту: навч. посіб. / укл. Д.В. Лубко, С.В. Шаров. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2019. – 264 с.
5. Шаров С.В. Інтелектуальні інформаційні системи: навч. посіб. / С.В. Шаров, Д.В. Лубко, В.В. Осадчий. – Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – 144 с.
6. Frehse, G., Althoff, M. (eds.): Proceedings of 10th International Workshop on Applied Verification of Continuous and Hybrid Systems (ARCH23), EPiC Series in Computing, vol. 96. EasyChair (2023)
7. Liu, X., Lara-Rosano, F. Generalized Minimum Variance Control of Steam-Boiler Temperature using NeuroFuzzy Approach. In: Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, Hangzhou, China, 15–19 June 2018, pp. 134–148 (2018).
8. Liu, X., Zhang, H. Modeling of an ultra-supercritical boiler-turbine system with stacked denoising auto-encoder and long short-term memory network. Information Sciences 525, 134–152 (2020).

9. M. Ekman, Learning Deep Learning: Theory and Practice of Neural Networks, Computer Vision, Natural Language Processing, and Transformers Using TensorFlow. Addison-Wesley, 2022
10. Bogdan Bochenek and Zbigniew Ustrnul. "Machine learning in weather prediction and climate analyses applications and perspectives". In: Atmosphere 13.2 (2022), p. 180
11. Åström, K.J., Wittenmark, B. Computer Controlled Systems, Theory and Design. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. <https://bayanbox.ir/view/8821671619590593184/Adaptive-Control-Astrom-2nd-edition.pdf> (1984).
12. Mezhuiev, V., Mykhailenko, V., Martynovych, L., Korenkova, H., Leshchenko, V., Stukalov, S. Intellectual Improvement of the Control System for Harmful Emissions of a Ship's Utilizing Boiler. In: Information Control Systems & Technologies 2023, Odesa, Ukraine, 21–23 September 2023, CEUR Vol-3513, pp. 153–162 (2023).

Додаткова

13. Михайленко В.С., Лещенко В.В., Харченко Р.Ю. Нейромережева система моніторингу показників шкідливих викидів суднового парового котла // Автоматизація суднових технічних засобів. Науково-технічний збірник – 2020 - Вип. 26 – Одеса: НУ «ОМА» - С. 63-71
14. Михайленко В.С., Коренкова Г.В., Зуй О.М. Аналіз системи паралельного нейроуправління динамічними об'єктами // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2023 – № 78 –
15. Київ - С. 136 – 142.
16. Михайленко В.С., Каменева А.В., Стукалов С.А. Моделювання нейромережевої системи ідентифікації та керування параметрами технічного об'єкта // Системні технології № 3(146), 2023- С. 10-23.
17. Михайленко В.С., Гвоздева І.М., Гунченко Ю.О., Коренкова Г.В., Шевченко Т.І ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АНАЛІЗУ РОЗТАШУВАННЯ МІН // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка – 2024. – № 82. – С. 48 – 58.
18. Bidyuk, P. Dynamic processes forecasting and risk estimation under uncertainty using decision support systems [presentation] / P. Bidyuk, O. Terentiev, T. Prosyankina-Zharova // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and

Computer Engineering (UKRCON), 29 May-2 June 2017, Kyiv, Ukraine, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Kyiv, 2017. – 27 с.

19. Davis G. Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development. – New York: McGraw-Hill, 1974.
20. Edwards J.S. Expert Systems in Management and Administration – Are they really different from Decision Support Systems? // European Journal of Operational Research, 1992. – Vol. 61. – pp. 114–121.
21. Power D.J. A Brief History of Decision Support Systems. DSSResources.COM, World Wide Web, <http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>, version 2.8, May 31, 2003.
22. Turban, E. Decision support and expert systems: management support systems. - Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1995.
23. Wang, Lipo; Fu, Xiuju (2005). Data mining with computational intelligence. Berlin: Heidelberg : Springer. с. 6. ISBN 3-540-24522-7.

14. Електронні інформаційні ресурси

1. https://www.youtube.com/watch?v=0kZIGB_dG80
2. https://www.youtube.com/watch?v=JfeB_n4zsRM
3. <https://www.youtube.com/watch?v=dUzLD91Sj-o>