

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(ініціали та прізвище)

« 31 » 08 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи машинного навчання

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Математика та статистика»
(шифр і назва галузі)

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Прикладна математика»
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

Харків 2022 рік

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Методи машинного навчання
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 113 Прикладна математика
 освітньо-наукової програми «Прикладна математика»

Розробник:
 Професор кафедри теоретичної та
 прикладної системотехніки
 Харківського національного університету
 імені Василя Каразіна
 д.т.н., професор М.Л. Угрюмов
(посада, науковий ступінь та вчене звання)

Гарант ОНП
 професор кафедри вищої математики
 та системного аналізу
 д.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



С.С. Куреннов
(прізвище та ініціали)

Протокол №1 від «31» серпня 2022 р. засідання кафедри №304

Завідувач кафедри математичного
 моделювання та штучного інтелекту
 д.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



А.Г. Чухрай
(прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
 аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

1.Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань <u>11 «Математика та статистика»</u>	Вибіркова дисципліна (перелік 1)
Модулів – 2		Рік підготовки:
Змістових модулів – 3		
Індивідуальне науково-дослідне завдання: <u>розрахункова робота «Розробка алгоритмів машинного навчання для вирішення задач робастного оптимального проектування та інтелектуального діагностуванням систем».</u>	Напрямок підготовки <u>113 «Прикладна математика»</u>	2022/2023
		Семестр
		2-й
Загальна кількість годин – денна – 80/210	Освітня програма: <u>«Прикладна математика»</u>	Лекції
		48 год.
		Практичні
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи аспіранта – 8,125	Рівень вищої освіти: <u>третій (освітньо-науковий)</u>	32 год.
		Лабораторні
		-
		Самостійна робота
		130 год.
		Індивідуальна робота
		-
		Вид контролю
		іспит

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 80/130.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчання дисципліни «Методи машинного навчання» є засвоєння студентами засвоєння студентами основ наукових і математичних положень, що лежать в основі функціонування програмних засобів, систем для оброблення великих даних, методології машинного навчання к дослідженню складних ієрархічних багаторівневих систем (СІБС) та процесів, управлінню складними комп'ютерними системами; вироблення навичок по адаптації стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач, а також придбання знань про пакети прикладних програм спеціального призначення.

Об'єкт вивчення. Об'єктом вивчення дисципліни «Методи машинного навчання» являються методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах, а саме – методи аналізу стохастичних процесів з використанням сучасних моделей; методи планування і виконання комп'ютерних експериментів та управління ними, сучасна методологія машинного навчання к дослідженню СІБС та процесів, управлінню складними комп'ютерними системами, у якій розробляються методи й алгоритми, що регуляризують, в задачах аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу СІБС та процесів, управління складними комп'ютерними системами; а також шляхи використання для цієї мети сучасних комп'ютерних систем, спеціалізованих пакетів прикладних програм.

Предмет вивчення. Предметом вивчення є методи машинного навчання в задачах аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу складних ієрархічних багаторівневих систем (СІБС) та процесів, управління складними комп'ютерними системами, оцінки їх ефективності. та ін., для рішення яких розробляється математичне забезпечення комп'ютерних систем, а також використовуються спеціалізовані пакети прикладних програм.

Завданням навчальної дисципліни «Методи машинного навчання» є вивчення методів машинного навчання в задачах аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу складних ієрархічних багаторівневих систем (СІБС) та процесів, управління складними комп'ютерними системами, оцінки їх ефективності. та ін., для рішення яких розробляється математичне забезпечення комп'ютерних систем, а також використовуються спеціалізовані пакети прикладних програм.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

1. Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.
2. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).
3. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.
4. Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.
5. Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Математичні моделі контролю стану (ММКС) динамічних систем і процесів.
6. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).
7. Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу.
8. Прямі і зворотні задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.
9. Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.
10. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану.
11. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими PPP для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **загальних компетентностей:**

ЗК. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **фахових компетентностей:**

СК. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній науці та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти у галузі прикладної математики та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, з метою їх представлення на міжнародних конференціях, симпозіумах.

СК. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК. Здатність до формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору.

СК. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері прикладної математики.

Очікувані результати навчання.

Відповідно до освітньої програми студент повинен досягти наступних програмних результатів:

Мати передові концептуальні та методологічні знання з прикладної математики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у прикладній математиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з прикладної математики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи прикладної математики, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері прикладної математики та у викладацькій практиці.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень.

Міждисциплінарні зв'язки: алгебра та геометрія, математичний аналіз, теорія імовірностей та математична статистика, теорія алгоритмів та математична логіка, фізика, функціональний аналіз, алгоритми і структури даних, методи обчислень, методи оптимізації та дослідження операцій, програмування та алгоритмічні мови, варіаційні методи, паралельні та розподілені обчислювання, проектування програмних систем, системи та методи прийняття рішень.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделі і методи робастного оцінювання.

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Методи машинного навчання».

Теорія обчислювального навчання. Індуктивне навчання по приватним емпіричним даним (навчальній вибірці). Дедуктивне навчання на основі формалізації знань експертів. Методи робастного оцінювання.

Інформаційно-аналітичне забезпечення процесів робастного оптимального проектування та інтелектуального діагностування (РОП&ІД) на основі методів машинного навчання.

Тема 2. Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.

Методи планування експериментів. Повний та дробовий факторні експерименти типу 2^n та 3^n . Центральне композиційне планування. Ортогональне центральне композиційне планування. Рототабельне центральне композиційне планування. Плани Боксу-Хантера, Рехшафнера. Некомпозиційне планування. Плани Боксу-Бенкіна. Латинські і греко-латинські квадрати Ейлера. Критерії оптимальності планування.

Тема 3. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).

Генеральні і репрезентативні вибірки, вибірки напрямків. Метод істотних вибірок. Послідовності Соболя (ЛПт послідовності), Нідеррайтера. Різновиди методу Монте-Карло; методи латинського гіперкуба, максимуму ентропії, $\max\min$, $\min\max$. Поліноміального хаосу розширення.

Тема 4. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.

Типи та види робастного оцінювання. Метод максимальної правдоподібності (М-оцінювання).

Некоректно поставлені завдання. Алгоритми, що регуляризують (робастні алгоритми): адаптивні, інваріантні. Методи, що регуляризують, в задачах ідентифікації, апроксимації даних та прогнозування часових рядів.

Робастні штучні нейронні мережі (ШНМ). Гіперпараметри. Регуляризація у глибокому навчанні (заснованому на навчанні уявленням). Ядерне згладжування.

Тема 5. Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.

Методи оцінюванні диференціальної інформативності з врахування точності вимірювання змінних стану и наявність парної кореляції між ними: кореляційного аналізу, дисперсійного аналізу і методи розпізнавання образів. Методи розпізнавання образів: детерміністські (дискримінантного аналізу, багатовимірною шкалювання і логічні), ймовірнісно-статистичні (методи Байеса, послідовного аналізу і оцінювання на основі теорії інформації). Стохастичний аналіз інформативності: індекси Соболя. Taguchi S / N Ratio.

Оцінювання інформативності на основі методів структурно-параметричного аналізу і синтезу регресійних моделей: факторного аналізу (головних компонент (МГК), нелінійні МГК, Грамма-Шмідта, аналізу компонентів на основі теорії інформації) і спрямованого перебору (ітеративні - на основі різних типів аппроксиматорів, в тому числі ШНМ, що навчаються), послідовного аналізу варіантів, вагові з адаптацією, локально-стохастичні на основі самоорганізації.

Тема 6. Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Математичні моделі контролю стану (ММКС) динамічних систем і процесів.

Багатовимірні часові ряди. Багатовимірні трендові регресійні моделі. Ранг коінтеграції (розмірність простору коінтегрованих часових рядів).

Типи статистичних ММКС: моделі стохастичною фільтрації, регресивні (структурно-параметричні моделі) і ймовірнісні моделі.

Моделі стохастичною фільтрації (фільтри Калмана-Бьюсі).

Регресивні моделі: згладжування часового ряду (змінного середнього і експоненційного згладжування), авторегресійні трендові моделі: лінійні (ARIMA, GARCH і SSM) та нелінійні (ШНМ з тимчасовими затримками, рекурентні ШНМ).

Ймовірнісні моделі: мережі Петрі, ланцюги Маркова (приховані Маркові моделі).

Розкладання часових рядів. Критерії тренду.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2. Математичні моделі та обчислювальні методи стратифікації даних

Тема 7. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).

Методи стратифікації прецедентів на підгрупи (класи).

Навчання з вчителем: узагальнення та перенавчання, крос-валідація, порівняння класифікаторів. Вибір методу обчислення відстані між об'єктами: метрики Мінковського, Хеммінга, Евкліда, зважена евклідова відстань, статистики Стюдента та Романовського.

Навчання без вчителя (кластерний аналіз): детерміністські методи (дискримінантного аналізу, опорних векторів, багатовимірного шкалювання і логічні), ієрархічна кластеризація, алгоритм k-середніх, нечіткий алгоритм k-середніх. Ймовірнісні моделі кластеризації: байєсовські моделі (байєсовські мережі довіру), ЕМ-алгоритми. Непараметричні моделі кластеризації. Графові методи кластеризації: алгоритм виділення зв'язкових компонент, алгоритм ФОРЕЛ, функціонали якості кластеризації. Ієрархічна кластеризація (таксономія): агломеративна ієрархічна кластеризація, дендрограма; властивості стиснення, розтягування і редукованості.

Тема 8. Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу.

Аналітичні методи класифікації (на основі алгебр): агломеративні, факторного аналізу, дискримінантного аналізу, ШНМ (у тому числі мережі Хопфілда, Хеммінга, Кохонена).

Логічні методи класифікації, на базі теоретико-множинного уявлення: мультіагентні, нечіткої логіки, лінгвістичної апроксимації (наприклад, у формі продукційних правил, заснованих на обчисленні предикатів).

Статистичні методи класифікації: ЕМ-алгоритми, стохастичні ШНМ.

Модульний контроль

Змістовий модуль 3. Застосування методів машинного навчання для розв'язку задач теорії прийняття рішень в умовах невизначеності.

Тема 9. Пряма і зворотна задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.

Математичні моделі та обчислювальні методи синтезу рішень задач стохастичною оптимізацією: М-, V- і Р-завдання. Багатокритеріальні задачі стохастичною оптимізацією зі змішаними умовами: MV-, МН-завдання.

Статистичні оцінки довірчих інтервалів математичного очікування функцій для нелінійних залежностей методом Монте-Карло.

Синтез квазірішень багатокритеріальних задач системної модифікації в детермінованій і стохастичній формулюваннях. Методи побудови множини Парето.

Тема 10. Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.

Методи обчислювального інтелекту: ітеративні (локальні), вагові локальні (з адаптацією), локально-стохастичні на основі самоорганізації: стохастичною апроксимації, стохастичні квазіградієнтні, мультиагентні (генетичні алгоритми, методи диференціальної еволюції, імунні), популяційні (імітації руху: зграї перелітних птахів; мурашиних, бджолиних колоній). Меметичні алгоритми як гібридні алгоритми, засновані на використанні різних стратегій (гіпереврістік).

Тема 11. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінний стану.

Засоби сучасних інформаційних технологій для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінний стану («SAS», «BMDP», «S-PLUS», «SYSTAT», «STATGRAPHICS», «SPSS», «STATISTICA», «STADIA», R, TensorFlow, «Эвриста», «ОМИС» та ін.). Експертні системи для моніторингу, діагностування і прогнозування («SETH», «PERFEX» (використовує алгоритми розпізнавання образів) і ін.).

Структура програмного забезпечення для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінний стану. Основні характеристики і принципи роботи. Програмування в пакетах. Рішення основних завдань побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінний стану.

Тема 12. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів.

Засоби сучасних інформаційних технологій (IT) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів. Математичні моделі і методи, реалізовані в цих IT. Приклади комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень («Dakota, A Multilevel Parallel Object-Oriented Framework for Design Optimization, Parameter Estimation, Uncertainty Quantification, and Sensitivity Analysis», « IOSO Technology, Robust design optimization », «ESTECO, modeFRONTIER», «Dassault Systems, Isight and Fiper», «DYNARDO, optiSLang», «NUMECA International, FineDesign3D», «Concepts NREC's, Agile Engineering Design System» та ін.).

Структура програмного забезпечення для автоматизації процесів РОП&ІД. Основні характеристики і принципи роботи. Програмування в пакетах. Рішення основних задач РОП&ІД в пакетах.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Всього	у тому числі:				
		Л	ПЗ	Лаб. роб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Моделі і методи робастного оцінювання.						
Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Методи машинного навчання».	16	6	2			8
Тема 2. Методи генерації пробних	12	2	2			8

(навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.						
Тема 3. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).	12	2	2			8
Тема 4. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.	12	2	2			8
Тема 5. Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.	12	2	2			8
Тема 6. Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Математичні моделі контролю стану (ММКС) динамічних систем і процесів.	12	2	2			8
Разом за змістовим модулем 1	76	16	12			48
Модульний контроль	4		2			2
Змістовий модуль 2. Математичні моделі та обчислювальні методи стратифікації даних						
Тема 7. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).	14	4	2			8
Тема 8. Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу.	18	8	2			8
Разом за змістовим модулем 2	32	12	4			16
Модульний контроль	4		2			2
Змістовий модуль 3. Задачі та методи теорії прийняття рішень в умовах невизначеності.						
Тема 9. Прямі і зворотні задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.	14	4	2			8
Тема 10. Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.	14	4	2			8
Тема 11. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінний стану.	14	4	2			8
Тема 12. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів.	14	4	2			8
Разом за змістовим модулем 3	56	20	8			32

Модульний контроль	4		2			2
Модуль 2						
РР. «Розробка алгоритмів машинного навчання для вирішення задач робастного оптимального проектування та інтелектуального діагностування систем».	30					30
Контрольний захід	4		2			2
Усього годин навчальної дисципліни	210	48	32			130

5. Теми практичних, лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі дисципліни «Методи машинного навчання».	2
2	Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.	2
3	Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).	2
4	Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.	2
5	Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.	2
6	Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Математичні моделі контролю стану (ММКС) динамічних систем і процесів.	2
7	Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).	2
8	Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу.	2
9	Пряма і зворотна задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.	2
10	Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.	2
11	Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану.	2
12	Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів.	2
13	Контрольні заходи	8
	Разом	32

6. Завдання для самостійної роботи

№ п/п	Зміст	Кількість годин
1	Дослідити методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.	8
2	Дослідити імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).	8
3	Дослідити робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.	8
4	Дослідити методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.	8
5	Дослідити методи прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу.	8
6	Підготовка до підсумкової контрольної роботи	2
7	Дослідити математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).	8
8	Дослідити системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу.	8
9	Підготовка до підсумкової контрольної роботи	2
10	Дослідити методи розв'язання прямої та зворотної задач розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.	8
11	Дослідити приклади застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.	8
12	Ознайомлення з основними характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану.	8
13	Ознайомлення з основними характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів.	8
14	Підготовка до підсумкової контрольної роботи	2
15	Підготовка до розрахункової роботи (РР).	30
16	Підготовка до захисту розрахункової роботи (РР).	2
	Разом	130

7. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему «Розробка алгоритмів машинного навчання для вирішення задач робастного оптимального проектування та інтелектуального діагностування систем». Сформулювати постановку завдання, умови коректності постановки завдання. Вибрати чисельний метод синтезу розв'язання поставленого завдання, провести аналіз коректності обраного методу. Розробити алгоритм чисельного розв'язання поставленого завдання. Розробити програмну реалізацію обраного алгоритму. До пояснювальної записки долучити тексти програми, копію вікна з результатами розрахунку.

Розрахункові роботи повинні містити наступні пункти:

- постановку задачі дослідження;
- аналітичний огляд моделей і методів, відповідно до поставленої задачі;

- огляд існуючих ПЗ для вирішення поставлених завдань;
- формалізацію і уявлення вихідних даних;
- опис обраного методу розв'язання задачі;
- опис обраного обчислювального алгоритму розв'язання задачі;
- опис обраного ПЗ для вирішення поставленого завдання;
- результати обчислень (екранні форми!);
- результати і висновки;
- список літератури, відповідно до представленого наприклад.

Додатково повинен бути представлений файл даних з навчальної вибіркою (з посиланням на джерело інформації).

Сумарна оцінка буде формуватися за кількістю представлених в записці пунктів (обраний критерій - сепарабельна функція, тобто якщо якогось пункту в порядку проходження немає - підсумовування припиняється).

Обсяг роботи – 30-50 сторінок.

8. Методи навчання

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод та метод проблемного виконання (лекційні заняття).
2. Репродуктивний (практичні заняття).
3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький (самостійна робота та виконання розрахункової роботи).

8. Методи контролю

Визначення рівня засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточних і підсумкових контролів. У завдання поточного контролю входить систематична перевірка розуміння й засвоєння студентом програмного матеріалу, виконання лабораторних робіт, умінь самостійно проробляти тексти складання конспектів, написання звітів, здатності усно або письмово представляти певний матеріал. Перед підсумковим контролем ставиться завдання перевірки глибини засвоєння студентом програмного матеріалу дисципліни, логіки й взаємозв'язки між її окремими розділами, здатності творчо використати придбані знання, умінь сформулювати своє відношення до проблеми, що впливає зі змісту дисципліни.

10. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист практичних робіт	0...5	6	0...30
Модульний контроль	0...5	1	0...5

Захист розрахункової роботи	0...25	1	0...25
Усього за семестр			0...100

10.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання для одержання позитивної оцінки)

Семестровий контроль іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 3-х питань.

Складові білету	Складові оцінки	Бали за одне питання	Сумарна кількість балів
Пункт 1.	дано визначення наведеного поняття	5	20
	наведено приклади	5	
	наведено фрагменти тексту	10	
Пункт 2.	складено алгоритм розрахунку (блок-схема)	10	30
	створено проект консольного застосунку з використанням задач	10	
	отримано результати в консольному вікні	10	
Пункт 3.	складено алгоритм розрахунку (блок-схема)	10	50
	створено проект застосунку з паралельним доступом до спільних даних	10	
	отримано і проаналізовано результати у консольному вікні	30	
Ітогова оцінка за іспит			100

10.2 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти використовувати готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки, застосовувати методи штучного інтелекту до будь-якого дослідження.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти використовувати методи вилучення і класифікації знань, використовувати методи формалізації знань і міркувань, у тому числі використовувати готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти самостійно створювати програмні рішення для реалізації завдань в лабораторних роботах і розрахунковій роботі.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв’язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

Конспекти лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни

1. Системы и методы принятия решений: учеб. пособие по лаб. практикуму / Е.М. Угрюмова, А.А. Трончук, В.Е. Афанасьевская, М.Л.Угрюмов, С.Г.Волков – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 92 с.
2. Системы и методы принятия решений в задачах диагностирования динамических систем с учётом стохастической природы входных данных [Текст] : учеб. пособие по лаб. практикуму / В. А. Горячая, Е. С. Меняйлов, М. Л. Угрюмов и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 108 с.
3. Системное совершенствование элементов сложных технических систем на основе концепции обратных задач [Текст] : монография/ В.Е. Стрелец, А.А.Трончук, Е.М.Угрюмова и др.; под общ. ред. М. Л. Угрюмова. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. – 148с. (ISBN 978-966-662-312-9)
4. Информационная технология диагностирования сложных технических систем в условиях неопределенности входных данных [Текст]: монография/ В.Е.Стрелец, Е.М.Угрюмова и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. –104 с. (ISBN 978-966-662-475-1)
5. Методи машинного навчання у задачах системного аналізу і прийняття рішень: монографія / В.Є. Стрілець, С.І. Шматков, М.Л. Угрюмов, Є.С.Меняйлов, С.В. Черниш, К.М. Угрюмова – Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2020. – 195 с. (ISBN 978-966-285-627-9)
- 6.

11. Рекомендована література **Базова**

1. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев: Наукова думка, 2005. – 744 с.

2. Скибенко И.Т. Конспект лекций по курсу „Теория больших систем”. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1982. – 96 с.
3. Федорович О.Е., Нечипорук Н.В., Прохоров А.В. Методы и модели принятия решений при управлениях сожных производственными комплексами. – Учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005.–235 с.
4. Харченко В.С., Лысенко И.В. Теория систем и системный анализ. Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2003. – 130 с.
5. Чернышев Ю.К. Методы вычисления статистических параметров в событийном моделировании.– Х.: Фактор, 2014. – 248 с.
6. Згуровский М.З. Обобщение методов анализа сложных физических процессов и полей на основе методов системного подхода // Кибернетика и системный анализ. – 1995. – №3. – С. 143-154.
7. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В.Осташевский. – Харьков : Факт, 1997. – 240 с.
8. Воронин А.Н. Декомпозиция и комбинация свойств альтернатив в многокритериальных задачах принятия решений / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №1. – С. 117 – 122.
9. Воронин А.Н. Нелинейная схема компромиссов в многокритериальных задачах оценивания и оптимизации / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №4. – С. 106 – 114.
10. Meniaïlov Ievgen, Mathematical Models and Methods of Effective Estimation in Multi-Objective Optimization Problems under Uncertainties/ Ievgen Meniaïlov, Olexandr Khustochka, Kateryna Ugryumova, Sergey Chernysh, Sergiy Yepifanov, Mykhaylo Ugryumov // Advances in Structural and Multidisciplinary Optimization: Proceedings of the 12th World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization (WCSMO12) By Axel Schumacher (05th - 09th, June 2017, Braunschweig, Germany).– SpringerLink, 2018.– 2115 p. (ISBN: 978-331-967-987-7) (Paper No. 0011, P.411-427)
11. Меняйлов, Е.С. Обзор и анализ существующих модификаций генетических алгоритмов / Е.С. Меняйлов - Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ» – 2015. – № 70. – С. 244 – 254.

Допоміжна

1. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). – М.: Наука, 1974. - 416 с.
2. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики.– М.: ЮНИТИ, 1998. — 1000 с.
3. Вьюгин В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – М.: МЦНМО, 2013. — 390 с.
4. Воронцов К. В. Математические методы обучения по прецедентам. –2012. – 141с. [http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_\(курс_лекций,_К.В.В_оронцов\)](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций,_К.В.В_оронцов))
5. MacKay David J.C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. – Cambridge University Press, 2003. – 628 p.
6. Rasmussen C. E., Williams C. K. I. Gaussian Processes for Machine Learning. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2006. – 248 p.
7. Bishop Christopher M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
8. Deep Learning Tutorial. – LISA lab, University of Montreal, 2015. – 167 p.
9. Hal Daume III. A course in machine learning. – Edited by John Mark Ockerbloom (onlinebooks@pobox.upenn.edu), 2015. – 193 p.
10. Луне Пелро Коэльо, Вилли Ричарт. Построение систем машинного обучения на

языке Python. 2-е издание/ пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 302 с.

11. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А.В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.

12. Силен Дэви, Мейсман Арно, Али Мохамед. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.

13. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

14. Sutton Richard S., Barto Andrew G. Reinforcement Learning: An Introduction. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2018. – 426 p.

15. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

16. Hastie Trevor, Tibshirani Robert, Friedman Jerome. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction. – New York: Springer, 2009. – 745 p.

17. Джулли Антонио, Пал Суджит. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TynsorFlow / пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2018. 294 с.: ил.

12. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.deeplearningbook.org/>
2. <https://www.datacamp.com/courses/deep-learning-in-python>
3. <http://stratum.ac.ru/education/textbooks/modelir/contents.html>
4. <https://www.asozykin.ru/courses/nnpypthon>
5. <https://github.com/artix41/awesome-transfer-learning/blob/master/README.md#papers>
6. https://www.palisade.com/risk/ru/monte_carlo_simulation.asp
7. <http://www.smartuq.com/>
8. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLwwk4BHih4fgeBNLIWE3MUlyKMzPZh>
9. <https://www.probabilitymanagement.org/>
10. <https://www.edx.org/course/subject/data-analysis-statistics>
11. Lex Fridman. – <https://deeplearning.mit.edu/>
12. Alexander Amini. – https://www.youtube.com/watch?v=5v1JnYv_yWs
13. https://www.youtube.com/watch?v=l_yWLAQg7LU
14. <https://www.youtube.com/watch?v=h66BW-xNgk>
15. https://blogs.sas.com/content/subconsciousmusings/2017/04/12/machine-learning-algorithm-use/?utm_source=facebook&utm_medium=cpc&utm_campaign=analytics-global&utm_content=US_interests-conversions
16. <https://www.youtube.com/watch?v=r0Ogt-q956I>
17. <https://www.youtube.com/watch?v=QbztX1CfSfo>
18. <https://www.sap.com/corporate/en/legal/impressum.html>
19. <https://www.youtube.com/watch?v=dPWYUELwIdM>
20. <https://www.youtube.com/watch?v=DooXDIRAkPA>
21. <https://www.youtube.com/watch?v=GwIo3gDZCVQ>
22. https://www.youtube.com/watch?v=DFKHh7_zzJc
23. http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%97%D0%B0%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0
24. <https://towardsdatascience.com/>
25. <https://eng.uber.com/open-source-principles/>
26. <https://towardsdatascience.com/top-20-machine-learning-data-science-websites-to-follow-in-2020-258c5cc2bb55>
27. <http://statistica.ru/local-portals/medicine/example/626/>

28. http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D0%BA%D1%83%D1%80%D1%81_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9%2C_%D0%9A.%D0%92.%D0%92%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%BE%D0%B2%29
29. <http://moeaframework.org/index.html>
30. <https://deep-learning-drizzle.github.io/index.html>
31. <https://end-to-end-machine-learning.teachable.com/courses>
32. <https://eng.ucmerced.edu/people/vladymyrov/>
33. <https://www.reddit.com/r/MachineLearning/>
34. <https://ru.coursera.org/courses?query=machine%20learning%20andrew%20ng>
35. <https://www.lunaticai.com/>
36. <https://www.lunaticai.com/2020/11/best-machine-learning-books-pdf.html>
37. <https://openlearninglibrary.mit.edu/courses/course-v1:MITx+6.036+1T2019/about>
38. <https://www.youtube.com/channel/UCamugMiftSeZo4EjdtePPyw/live>
39. <https://www.edx.org/search>
40. <https://end-to-end-machine-learning.teachable.com/courses>
41. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLLHTzKZzVU9eaEyErdV26ikyolxOsz6mq>
42. <https://www.pythonstacks.com/free-books/category/machine-learning>
43. https://www.facebook.com/watch/live/?v=390661632172504&ref=watch_permalink
44. https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=OrdVsWEAAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate
45. https://www.coursera.org/specializations/deep-learning?utm_medium=email&utm_source=marketing&utm_campaign=A50EgDdSEeuITlNXLNh0Mg
46. <https://www.coursera.org/specializations/deep-learning>