

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічних робіт
Антелеймонов
07.02.2021 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Теоретичні основи методології Big Data processing

рівень вищої освіти другий (магістерський)

спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

освітня програма Комп'ютерна інженерія

вид дисципліни за вибором

факультет комп'ютерних наук

2021 / 2022 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою факультету комп'ютерних наук

“ 30 ” червня 2021 року, протокол № 15

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, професор кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

Угрюмов Михайло Леонідович

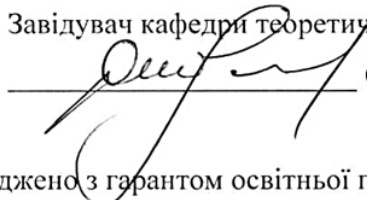
кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

Стрілець Вікторія Євгенівна

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

Протокол від “ 11 ” червня 2021 року № 12

Завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки


Сергій ШМАТКОВ.

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

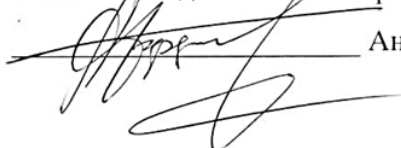
Гарант освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»


Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від “ 25 ” червня 2021 року № 9

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Теоретичні основи методології Big Data processing» розроблена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого (магістерського) рівня спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітньої програми «Комп'ютерна інженерія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є:

засвоєння студентами основ наукових і математичних положень, що лежать в основі функціонування програмних засобів, систем для обробки великих даних, методології машинного навчання для дослідження складних ієрархічних багаторівневих систем (СІБС) та процесів, управління складними комп'ютерними системами; вироблення навичок з адаптації стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач, а також придбання знань про пакети прикладних програм спеціального призначення.

Об'єктом вивчення дисципліни «Теоретичні основи методології Big Data processing» є 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 дослідження СІБС та процесів, управління складними комп'ютерними системами, у якій розробляються методи й алгоритми, які 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.

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.

1.2. Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є вивчення і набуття навичок застосування:

- методів генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.
- імовірнісних методів генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).
- робастних методів ідентифікації математичних моделей систем та процесів.
- методів оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.
- методів прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу; математичних моделей контролю стану динамічних систем і процесів.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням.

ЗК02. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність до творчого, креативного і абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК06. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність розробляти проекти і управляти ними.

ЗК08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК09. Здатність працювати як індивідуально, так і в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

ФК01 Здатність обґрунтовано обирати та застосовувати фундаментальні знання і моделі, а також технології створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язування складних професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії.

ФК03. Здатність до дослідження, системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень.

ФК04. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань комп'ютерної інженерії.

ФК05. Здатність досліджувати, розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі розуміння технічних аспектів забезпечення контролю якості продукції.

ФК06. Здатність досліджувати, розробляти та впроваджувати засоби і системи автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ФК07. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК10. Здатність проводити та організовувати, планувати науково-дослідницьку діяльність в сфері комп'ютерної інженерії, відповідно вітчизняним та світовим стандартам і вимогам.

ФК11. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

ФК12. Здатність створювати дослідницькі групи для проведення аналізу та обробки великих масивів даних.

ФК13. Здатність перетворювати формальні моделі в напрямку отримання практично необхідної комп'ютерної моделі та ставити задачі збереження і обробки даних.

ФК14. Здатність здійснювати наукові та/або прикладні дослідження у галузі комп'ютерної інженерії із застосуванням сучасних експериментальних і теоретичних методів моделювання процесів, критично оцінювати результати досліджень та інновацій, презентувати результати досліджень та формувати науково-технічну звітність.

1.3. Кількість кредитів – 5

1.4. Загальна кількість годин – 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	1-й
Семестр	
1-й	1-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
16 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.

Самостійна робота	
102 год.	год.
Індивідуальні завдання	
-год.	

1.6. Відповідно до вимог освітньо-кваліфікаційного рівня підготовки за результатами вивчення дисципліни студенти повинні –

знати:

- наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування програмних засобів, систем для оброблення великих даних;
- 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 та ін.
- методи машинного навчання для розв'язання задач аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу складних ієрархічних багаторівневих систем СІБС, управління складними комп'ютерними системами;

уміти:

- здійснювати вибір методів машинного навчання для розв'язання задач аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу СІБС, управління складними комп'ютерними системами;
- проводити верифікацію математичних методів, оцінку якості математичних методів на основі існуючих критеріїв;
- вирішувати задачі чисельного характеру аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу СІБС, управління складними комп'ютерними системами з застосуванням спеціалізованих пакетів;
- створювати дослідницькі групи для проведення аналізу та обробки великих масивів даних;
- створювати та використовувати нове програмне забезпечення для аналізу та обробки великих масивів даних;
- застосовувати сучасні підходи і методи машинного навчання та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;
- пояснювати, кількісно та якісно оцінювати, корегувати отримані результати.

придбати навички:

- планування та виконання експериментальних і теоретичних досліджень та випробувань, вибирати для цього придатних методи та інструменти, здійснювати статистичну обробку даних, оцінювати адекватності отриманих результатів;
- застосування методів машинного навчання для розв'язання задач аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу СІБС, управління складними комп'ютерними системами;
- проведення верифікації математичних методів, оцінки якості математичних методів на основі існуючих критеріїв;
- вирішення задач чисельного характеру з застосуванням спеціалізованих пакетів;

мати уявлення:

- про роль методів машинного навчання у створенні сучасних складних технічних систем; перспективах розвитку методів машинного навчання; про основні проблеми розробки сучасного програмного забезпечення для розв'язання задач аналізу, інтелектуальної обробки даних і синтезу СІБС, управління складними комп'ютерними системами та ін.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі *програмні результати навчання (ПРН)*.

ПРН01. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН02. Знати і розуміти наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування програмних і програмно-технічних комп'ютерних засобів, систем та мереж, Інтернету речей, систем для оброблення великих даних.

ПРН04. Знати і розуміти принципи системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень.

ПРН06. Мати фундаментальні знання і розуміння моделей, а також технологій створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення розв'язування професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії.

ПРН07. Знати засоби автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ПРН10. Вміти формулювати та розв'язувати задачі у галузі комп'ютерної інженерії, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН11. Мати навички автономного і самостійного навчання у сфері комп'ютерної інженерії і дотичних галузей знань, аналізувати власні освітні потреби та об'єктивно оцінювати результати навчання.

ПРН15. Мати навички планування та виконання експериментальних і теоретичних досліджень та випробувань, вибору для цього придатних методи та інструменти, здійснювання статистичної обробки даних, оцінки адекватності отриманих результатів.

ПРН16. Вміти досліджувати, розробляти та впроваджувати засоби і системи автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ПРН17. Застосовувати, інтегрувати, розробляти, впроваджувати та удосконалювати сучасні інформаційні технології, науково-технічні методи і моделі, фізичні та математичні фундаментальні знання в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН18. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

ПРН20. Вільно користуватися державною та іноземною мовами, усно і письмово для представлення і обговорення результатів досліджень та інновацій, забезпечення бізнес/операційних процесів та питань професійної діяльності в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН21. Зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки з проблем комп'ютерної інженерії, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують.

ПРН23. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН24. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

ПРН25. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики як самостійно, так і в команді.

ПРН27. Здатність володіти науково-методичними знаннями в галузі комп'ютерної інженерії; формулювати ідеї, концепції з метою використання в роботі освітнього та наукового спрямування.

ПРН28. Виявляти зв'язки між сучасними концепціями в організації освітнього процесу та наукового пізнання в області комп'ютерної інженерії.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Теоретичні основи методології Big Data processing».

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 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, багатовимірного 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 апроксиматорів, 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).

Імовірнісні моделі: мережі Петрі, ланцюги Маркова (приховані Маркові моделі).
Розкладання часових рядів. Критерії тренду.

3. 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
Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни «Теоретичні основи методології Big Data processing».	14	2	2			10
Тема 2. Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.	25	6	2			17
Тема 3. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).	25	6	2			17
Тема 4. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.	31	6	4			21
Тема 5. Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.	25	6	2			17
Тема 6. Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Математичні моделі контролю стану динамічних систем і процесів.	30	6	4			20
Усього годин	150	32	16			102

4. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі дисципліни «Теоретичні основи методології Big Data processing».	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.	4
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 динамічних систем і процесів.	4
	Разом	16

5. Завдання для самостійної роботи

№ п/п	Зміст	Кількість годин
1	Дослідити методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів.	17
2	Дослідити імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).	17
3	Дослідити робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.	21
4	Дослідити методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності даних.	17
5	Дослідити методи прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу.	20
6	Підготовка до підсумкової контрольної роботи	10
	Разом	102

6. Індивідуальні завдання

7. Методи контролю

Контроль роботи студентів при вивченні дисципліни і засвоєння ними навчального матеріалу здійснюється на практичному зайнятті шляхом проведення контрольних опитувань і захисту звітів з практичних завдань. Підсумковий контроль здійснюється при виконанні 1 контрольної роботи і на заліку.

Студенти, що не виконали впродовж семестру 1 контрольну роботу, а також не представили і не захистили звіти з практичних завдань, до заліку не допускаються.

Заліковий квиток містить два теоретичних і одне практичне питання. Максимальна кількість балів за відповіді на кожне теоретичне питання складає по 12 балів, на практичне питання – 16 балів.

При дистанційному навчанні видача практичних завдань та контроль їх виконання здійснюється за допомогою сервісу дистанційного навчання Google Classroom. Лекційні заняття проводяться із використанням сервісу відео-конференцій Google Meet., Google Classroom.

Підсумковий контроль у вигляді екзамену (заліку) проводиться шляхом відповіді на білет та он-лайн опитування (сервіси відео-конференцій Google Meet, Google Classroom).

8. Схема нарахування балів

Бали за поточний контроль знань впродовж семестру (по темах)						Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Разом	Залік	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6				
8	8	8	8	8	8	1	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

За темою T1 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 1.

За темою T2 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 2.

За темою T3 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 3.

За темою T4 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 4.

За темою Т5 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 5.

За темою Т6 студент отримує 8 балів за виконання практичної роботи 6.

Критерії оцінювання знань студентів за практичні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела. ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності. 	8
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача. ▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації; ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності. 	6-7
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Студент може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях. 	4-5
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача. ▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами; ▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань. 	3
Завдання відзначається фрагментарністю виконання за консультацією викладача або під його керівництвом.	1-2

Критерії оцінювання знань студентів за контрольну роботу

Вимоги	Кількість балів
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати закони та закономірності, структурувати судження, умовиводи, доводи, описи.	9-12
Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати операції, правила, алгоритми, правила визначення понять.	5-8
Повнота виконання завдання елементарна, студент здатен вибирати відомі способи дій для виконання фахових завдань.	3-5
Повнота виконання завдання фрагментарна.	1-2

Критерії оцінювання залікових робіт студентів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35

Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

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 управлениями 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. Нагель Э., Ньюмен Д. Теорема Геделя. – М.: Знание, 1970. – 63 с.
7. 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.
8. Березовский Б.А., Бораенко В.И., Кемпнер Л.М. - Бинарные отношения и многокритериальной оптимизации. – М.: Наука, 1981. – 150 с.
9. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования / А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, А.В. Харченко, В.В.Осташевский. – Харьков : Факт, 1997. – 240 с.
10. 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.
11. Воронин А.Н. Нелинейная схема компромиссов в многокритериальных задачах оценивания и оптимизации / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №4. – С. 106 – 114.
12. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие.– М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
13. Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации. – М.: Наука, 1986. – 142 с.

14. 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)
15. 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)
16. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений. – М.: Гл. ред. физ.-мат. лит. изд-ва «Наука», 1989. – 320 с.
17. Интеллектуальные системы принятия проектных решений / А.В.Алексеев, А.Н.Борисов, Э.Р.Вилюмс, Н.Н.Слядзь, С.А.Фомин. – Рига: Зинатне, 1997. – 320 с.
18. Карпенко А.П. Современные алгоритмы. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие // А. П. Карпенко. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 446 с.
19. Meniailov Ievgen, Mathematical Models and Methods of Effective Estimation in Multi-Objective Optimization Problems under Uncertainties/ Ievgen Meniailov, 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)
20. 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. 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. Вапник В.Н., Червоненкис А.Я. Теория распознавания образов (статистические проблемы обучения). – М.: Наука, 1974. - 416 с.
4. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики.– М.: ЮНИТИ, 1998. — 1000 с.
5. Вьюгин В.В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – М.: МЦНМО, 2013. — 390 с.
6. 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))
7. MacKay David J.C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. – Cambridge University Press, 2003. – 628 p.
8. Rasmussen С. Е., Williams С. К. I. Gaussian Processes for Machine Learning. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2006. – 248 p.
9. Bishop Christopher M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
10. Deep Learning Tutorial. – LISA lab, University of Montreal, 2015. – 167 p.
11. Hal Daume III. A course in machine learning. – Edited by John Mark Ockerbloom (onlinebooks@pobox.upenn.edu), 2015. – 193 p.
12. 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.

13. Рашка С. Python и машинное обучение / пер. с англ. А.В. Логунова. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.
14. Силен Дэви, Мейсман Арно, Али Мохамед. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. – СПб.: Питер, 2017. – 336 с.
15. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
16. Sutton Richard S., Barto Andrew G. Reinforcement Learning: An Introduction. – Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2018. – 426 p.
17. Hastie Trevor, Tibshirani Robert, Friedman Jerome. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction. – New York: Springer, 2009. – 745 p.

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

1. <https://www.datacamp.com/courses/deep-learning-in-python>
2. <https://www.kaggle.com/learn/machine-learning>
3. Datasets. – <https://www.kaggle.com>