

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та практичної системотехніки

УХВАЛЕНО
Вченою радою
Факультету Комп'ютерних наук,
протокол № _____
від «__» _____ 2020р.
Голова Вченої ради _____



| | |
|--|---|
| Назва курсу | Методи машинного навчання |
| Викладач (-і) | Проф. Угрюмов М.Л., доц. Бакуменко Н.С. |
| Профайл викладача (-ів) | http://www-csd.univer.kharkov.ua/about-us/sub-faculty/tase-department/personalni-sklad/ |
| Контактний тел. | (057) 707-50-22 |
| Е-mail: | tm.ugryumov@karazin.ua , n.bakumenko@karazin.ua |
| Сторінка курсу в системі дистанційного навчання | https://classroom.google.com/u/0/c/OTYxMDUyNjc4ODda |
| Консультації | <i>Очні консультації: розклад в університеті (на кафедрі)</i> <i>Он лайн- консультації: через e-mail</i> |

1. **Коротка анотація до курсу** – курс «Методи машинного навчання» спрямований на опанування основ інтелектуального аналізу, вивчення моделей, методів і засобів аналітичної обробки великих масивів даних, засвоєння студентами основ моделювання чисельних даних, оцінювання взаємозв'язку величин, вироблення навичок по адаптації стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач, а також придбання знань про пакети прикладних програм спеціального призначення.

2. **Мета та цілі курсу** – розвиток у студентів практичних навичок використання методів і алгоритмів Data Mining, а саме засвоєння студентами методів генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів, імовірнісних методів генерації пробних вибірок, 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 (ММКС) динамічних систем і процесів, математичних моделей стратифікації прецедентів на підгрупи (класи), меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.

3. **Формат курсу** – очний.

4. **Результати навчання** –

знати:

- знати інтелектуальні методи управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту для використання в автоматизації складних технологічних об'єктах;
- 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 синтеза складних ієрархічних багаторівневих систем СІБС, управління складними системами;

уміти:

- застосовувати методи моделювання (закорема машинного навчання) та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;
- 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;
- вміти створювати дослідницькі групи для проведення аналізу та обробки великих масивів даних;
- вміти 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.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

Інтегральна компетентність

- Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

- ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК03. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

- ФК01. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.
- ФК04. Здатність аналізувати складні наукоємні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації.
- ФК07. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.
- ФК08. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу.

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

- ПРН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні системи на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.
- ПРН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.
- ПРН05. Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.
- ПРН07. Аналізувати складні наукоємні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації.
- ПРН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних систем.
- ПРН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.

- ПРН11. Дотримуватись норм академічної доброчесності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності, комерціалізації результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності.
- ПРН12. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.
- ПРН13. Знати методи управління процесами різної природи, які побудовані на основі сучасних а перспективних методів математики, системного аналізу, штучного інтелекту.

5. Обсяг курсу

| Вид заняття | Загальна кількість годин |
|-------------------|--------------------------|
| лекції | 64 |
| практичні | 32 |
| самостійна робота | 204 |

6. Ознаки курсу:

| Рік викладання | семестр | спеціальність | Курс (рік навчання) | Нормативний/ вибірковий |
|----------------|---------|---|------------------------|----------------------------|
| 2020/2021 | 1, 2 | Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології | 1 | вибірковий |

7. Пререквізити – перед вивченням курсу студент повинен знати вищу математику, основи методи дослідження операцій, основи теорії ймовірностей та математичної статистики, алгоритмізацію та програмування, основи організації баз даних.

8. Технічне та програмне забезпечення /обладнання – лекційні заняття проводяться у аудиторії з мультимедійним обладнанням (комп'ютер та проектор), практичні заняття проводяться у комп'ютерному класі.

9. Політики курсу

Академічна доброчесність - це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання; посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей.

10. Схема курсу

1-й семестр

| Тиж. / акад.год. | Тема, план, короткі тези | Форма діяльності (заняття)* *лекція, ПЗ,ЛР, СРС) / Формат** **аудиторна, СРС | Матеріали | Завдання, год |
|--|--|---|--|--|
| Розділ 1. Моделі і методи робастного оцінювання | | | | |
| | <p><i>Тема 1.</i> Предмет вивчення і задачі дисципліни «Методи машинного навчання».</p> <p>Лекція 1. Місце, роль та задачі дисципліни. Предмет, структура і зміст дисципліни. Специфіка проблем, що виникають під час обробки великих даних. Задачі обробки великих даних: асоціація, класифікація, кластеризація, аналіз викидів.</p> | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| Тиж. 1 4 год | <p>СРС. Проблеми великої розмірності і трудомісткості алгоритмів обробки даних.</p> | <i>СРС</i> | <p>Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ, изд. [Текст] / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; Под. ред. С. А. Айвазяна. - М.: Финансы и</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год.</p> |

| | | | | |
|--------------------------------|---|---------------------------|---|--|
| | | | статистика, 1989. - 607 с. (с. 13-30) | |
| Тиж. 2 6 год. | Лекція 2. Теорія обчислювального навчання. Індуктивне навчання по приватним емпіричним даним (навчальній вибірці). Дедуктивне навчання на основі формалізації знань експертів. Методи робастного оцінювання. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Проблеми великої розмірності і трудомісткості алгоритмів обробки даних. | <i>СРС</i> | Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности: Справ, изд. [Текст] / С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; Под. ред. С. А. Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1989. - 607 с. (с. 30-46) | |
| | ПЗ 1. Етапи обробки великих даних. Препроцесінг даних, аналітична обробка даних. Типи оброблюваних даних: числові, категоріальні, рангові, текстові, змішані. Оцінювання близькості точок даних у просторі. Масштабування та нормування даних. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год |
| Тиж. 3 4 год. | Лекція 3. Інформаційно-аналітичне забезпечення процесів робастного оптимального проектування та | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|------------------|--|--------------------|--|---|
| | інтелектуального діагностування (РОП&ІД) на основі методів машинного навчання. | | | |
| | СРС. Інформаційно-аналітичне забезпечення процесів діагностування систем на основі даних моніторингу. | СРС | Конспект лекції, В. Е. Стрелец, М. Л. Угрюмов и др. Информационная технология диагностирования сложных технических систем в условиях неопределенности входных данных [монография]. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2016. – 103 с.(с.5-20) | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 4 8 год. | Тема 2. Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів. Лекція 4. Методи планування експериментів. Повний та дробовий факторні експерименти типу 2n та 3n. Центральне композиційне планування. Ортогональне центральне композиційне планування. Рототабельне центральне композиційне планування. | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|------------------|---|-----------------------|---|--|
| | СРС. Методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток) на основі теорії планування експериментів | СРС | Конспект лекції, Засименко В.М. Основи теорії планування експерименту. Навч. посібник. — Львів: Видав. ДУ «ЛП», — 2000. — 205 с. | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4год. |
| | ПЗ 2. Методи генерації пробних вибірок на основі теорій планування експериментів | Практичне заняття | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год |
| Тиж. 5 12 год | Лекція 5. Методи планування експериментів. Плани Боксу-Хантера, Рехшафнера. Некомпозиційне планування. Плани Боксу-Бенкіна. Латинські і греко-латинські квадрати Ейлера. | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Критерії оптимальності планів. | СРС | Конспект лекції, Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учеб. пособие для магистров. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2014. - 495 с. | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 10 год. |

| | | | | |
|---|--|----------------------------------|---|---|
| | <p>Тема 3. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток). Лекція 6. Генеральні і репрезентативні вибірки, вибірки напрямків. Метод істотних вибірок. Послідовності Соболя (ЛПт послідовності), Нідеррайтера.</p> | <p><i>Лекція / аудиторна</i></p> | <p>Презентація лекції</p> | <p>2 год</p> |
| <p>Тиж. 6 12 год.</p> | <p>СРС. Поліноміальний хаос.</p> | <p>СРС</p> | <p>Конспект лекції, Теорія хаосу в економіці : підруч. / О. І. Черняк, П. В. Захарченко, Т. С. Клебанова. – Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2014. – 244 с. Режим доступу – http://bdpu.org:8080/bitstream/123456789/150/1/Chernyak%20O.I.%20Zakharchenko%20P.V.%20%20Teoriya%20khaosu%20v%20ekonomitsi.pdf</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год</p> |
| | <p>ПЗ 3. Імовірнісні методи генерації пробних (навчальних) вибірок (рідкісних сіток).</p> | <p><i>Практичне заняття</i></p> | <p>Конспект лекцій</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год</p> |
| <p>Тиж. 7 14 год.</p> | <p>Лекція 7. Різновиди методу Монте-Карло; методи латинського гіперкуба, максимуму ентропії, maximin, minimax. Поліноміального хаосу</p> | <p><i>Лекція / аудиторна</i></p> | <p>Презентація лекції</p> | <p>2 год</p> |

| | | | | |
|------------------|---|-----------------------|--|---|
| | розширення. | | | |
| | СРС. Поліноміального хаосу розширення. | СРС | Конспект лекції, Теорія хаосу в економіці : підруч. / О. І. Черняк, П. В. Захарченко, Т. С. Клебанова. – Бердянськ : Видавець Ткачук О. В., 2014. – 244 с. Режим доступу – http://bdpu.org:8080/bitstream/123456789/150/1/Chernyak%20O.I.%2C%20Zakharchenko%20P.V.%2C%20%20Teoriya%20khaosu%20v%20ekonomitsi.pdf | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 6 год. |
| Тиж. 8 8 год. | Тема 4. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів. Лекція 8. Типи та види робастного оцінювання. Метод максимальної правдоподібності (М-оцінювання). Некоректно поставлені завдання. | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Робастні методи ідентифікації. | СРС | Конспект лекції, В. Е. Стрелец, М. Л. Угрюмов и др. Информационная технология | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4год. |

| | | | | |
|--|--|----------------------------------|---|--|
| | | | <p>диагностирования сложных технических систем в условиях неопределенности входных данных [монография]. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т"., 2016. – 103 с.(с.25-40)</p> | |
| | <p>ПЗ 4. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів.</p> | <p><i>Практичне заняття</i></p> | <p>Конспект лекції</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год.</p> |
| <p>Тиж. 9 8 год.</p> | <p>Лекція 9. Алгоритми, що регуляризують (робастні алгоритми): адаптивні, інваріантні. Методи, що регуляризують, в задачах ідентифікації, апроксимації даних та прогнозування часових рядів.</p> | <p><i>Лекція / аудиторна</i></p> | <p>Презентація лекції</p> | <p>2 год.</p> |
| | <p>СРС. Робастні методи ідентифікації.</p> | <p><i>СРС</i></p> | <p>Конспект лекції, В. Е. Стрелец, М. Л. Угрюмов и др. Информационная технология диагностирования сложных технических систем в условиях</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 8 год.</p> |

| | | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------|--|---|
| | | | неопределенности входных данных [монография]. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2016. – 103 с.(с.41-60) | |
| Тиж. 10 8 год. | Лекція 10. Робастні штучні нейронні мережи (ШНМ). Гіперпараметри. Регуляризація у глибокому навчанні (заснованому на навчанні уявленням). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Ядерне згладжування | <i>СРС</i> | Конспект лекції, Abramson, I.S. On bandwidth variation in kernel estimates – a square root law. Annals of Statistics 10. – 1982 Режим доступу – https://projecteuclid.org/euclid.aos/1176345986 | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4год. |
| | ПЗ 5. Робастні методи ідентифікації математичних моделей систем та процесів. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 11 8 год. | Тема 5. Методи оцінювання інформативності (значущості) змінних стану при невизначеності | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|---------------------------------|--|-------------------------------|--|---|
| | даних. Лекція 11. Методи оцінювання диференціальної інформативності. Методи розпізнавання образів: детерміністські (дискримінантного аналізу, багатовимірною шкалювання і логічні). | | | |
| | СРС. Оцінювання інформативності на основі методів структурно-параметричного аналізу і синтезу регресійних моделей. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, MacKay David J.C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. – Cambridge University Press, 2003. – 628 p. | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 6 год. |
| Тиж. 12 8 год. | Лекція 12. Ймовірно-статистичні методи оцінювання інформативності (методи Байеса, послідовного аналізу і оцінювання на основі теорії інформації). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Метод спрямованого перебору. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, MacKay David J.C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. – Cambridge University Press, 2003. – 628 p. | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год. |
| | ПЗ 6. Методи оцінювання інформативності. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, |

| | | | | |
|---------------------------------|---|---------------------------|---|--|
| | | | | 2 год. |
| Тиж. 13 8 год. | Лекція 13. Стохастичний аналіз інформативності: індекси Соболя. Taguchi S / N Ratio. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Метод головних компонент. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, - 270 с. (с. 140-163) | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 10 год. |
| Тиж. 14 8 год | <i>Тема 6.</i> Прогнозування багатовимірних часових рядів на основі концепції тренд-аналізу. Лекція 14. Математичні моделі контролю стану (ММКС) динамічних систем і процесів. Багатовимірні часові ряди. Багатовимірні трендові регресійні моделі. Ранг коінтеграції (розмірність простору коінтегрованих часових рядів). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Багатовимірні трендові регресійні моделі. | <i>СРС</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год. |
| | ПЗ 7. Прогнозування часових рядів. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, |

| | | | | |
|-------------------------|--|---------------------------|---|---|
| | | | | 2 год. |
| Тиж. 15 8 год | Лекція 15. Типи статистичних ММКС: моделі стохастичною фільтрації, регресивні (структурно-параметричні моделі) і ймовірнісні моделі. Моделі стохастичною фільтрації (фільтри Калмана-Бьюсі). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Моделі часових рядів, що містять сезонну компоненту. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики.– М.: ЮНИТИ, 1998. — 1000 с. (с. 778-872). | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 8 год. |
| Тиж. 16 8 год | Лекція 16. 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). Розладнання часових рядів. Критерії тренду. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | Підготовка до підсумкової контрольної роботи | <i>СРС</i> | Конспект лекції | опрацювати теоретичний матеріал, 4 год. |
| | Підсумкова контрольна робота | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |

2-й семестр

| Тиж. / акад.год. | Тема, план, короткі тези | Форма діяльності (заняття)* *лекція, ПЗ,ЛР, СРС) / Формат** **аудиторна, СРС | Матеріали | Завдання, год |
|---|---|---|---|--|
| Розділ 2. Математичні моделі та обчислювальні методи стратифікації даних | | | | |
| Тиж. 1 12 год | <p><i>Тема 7. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).</i></p> <p><i>Лекція 17. Методи стратифікації прецедентів на підгрупи (класи).</i></p> <p><i>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 Стьюдента та Романовського.</i></p> | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | <p>СРС. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)).</p> | <i>СРС</i> | <p>Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, - 270 с. (с.</p> | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 8 год. |

| | | | | |
|------------------|---|---------------------------|---|--|
| | | | 170-192). | |
| Тиж. 2 8 год. | Лекція 18. Методи стратифікації прецедентів на підгрупи (класи). Навчання без вчителя (кластерний аналіз): детерміністські методи (дискримінантного аналізу, опорних векторів, багатовимірного шкалювання і логічні), ієрархічна кластеризація, алгоритм k-середніх, нечіткий алгоритм c-середніх. Імовірнісні моделі кластеризації: байєсовські моделі (байєсовські мережі довіру), EM-алгоритми. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Алгоритм нечіткої кластеризації c-means. | <i>СРС</i> | Bezdek, James C. (1981). Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. Режим доступу: https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000482885 | 4 год. |
| | ПЗ 9. Математичні моделі і методи кластеризації даних (стратифікація прецедентів на підгрупи (класи)). | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год |
| Тиж. 3 6 год. | Лекція 19. Непараметричні моделі кластеризації. Графові методи кластеризації: алгоритм виділення зв'язкових компонент, алгоритм ФОРЕЛ, функціонали якості кластеризації. Ієрархічна кластеризація (таксономія): агломеративна ієрархічна кластеризація, дендрограма; | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Властивості стиснення, розтягування і | <i>СРС</i> | Конспект лекції, | опрацювати лекцію, |

| | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------------|---|--|
| | редуктивності.. | | Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: Учебник для вузов. - М.: ЮНИТИ- ДАНА, - 270 с. (с. 170-192) | ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 4 8 год. | <i>Тема 8.</i> Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу. Лекція 20. Аналітичні методи класифікації (на основі алгебр): агломеративні, факторного аналізу, дискримінантного аналізу, ШНМ (у тому числі мережі Хопфілда, Хеммінга, Кохонена). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Класифікація за допомогою ШНМ. | <i>СРС</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4год. |
| | ПЗ 9. Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних моніторингу. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год |
| Тиж. 5 12 год | Лекція 21. Логічні методи класифікації, на базі теоретико-множинного уявлення: мультиагентні, нечіткої логіки, лінгвістичної апроксимації (наприклад, у формі продукційних правил, заснованих на обчисленні предикатів). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|-------------------|---|-----------------------|--|---|
| | СРС. Класифікація за допомогою мультиагентних систем. | СРС | Конспект лекції, Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. ред. С.О. Субботіна. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. — 375 с. (с. 286-293). Режим доступу: http://www.csit.narod.ru/subject/mag_SSh/mono.pdf | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 8 год. |
| Тиж. 6 12 год. | Лекція 22. Статистичні методи класифікації: EM-алгоритми, стохастичні ШНМ. | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год |
| | СРС. Стохастичні ШНМ. | СРС | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год |
| | ПЗ 10. Системні математичні моделі розпізнавання станів систем і процесів на основі даних | Практичне заняття | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, |

| | | | | |
|--|---|---------------------------|--|---|
| | моніторингу. | | | 2 год |
| Розділ 3. Задачі та методи теорії прийняття рішень в умовах невизначеності. | | | | |
| Тиж. 7 10 год. | <p><i>Тема 9.</i> Прямі і зворотні задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення.</p> <p>Лекція 23. Математичні моделі та обчислювальні методи синтезу рішень задач стохастичною оптимізацією: М-, V- і Р-завдання. Багатокритеріальні задачі стохастичною оптимізацією зі змішаними умовами: MV-, MH-завдання.</p> | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год |
| | <p>СРС. Багатокритеріальні задачі стохастичної оптимізації.</p> | <i>СРС</i> | <p>Конспект лекції, Воронин А.Н. Декомпозиція і комбінація свойств альтернатив в многокритериальных задачах принятия решений / А.Н. Воронин // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – №1. – С. 117 – 122.</p> | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 6 год. |
| Тиж. 8 8 год. | <p>Лекція 24. Статистичні оцінки довірчих інтервалів математичного очікування функцій для нелінійних залежностей методом Монте-Карло. Синтез квазірішень багатокритеріальних задач системної</p> | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|------------------|--|--------------------|--|--|
| | модифікації в детермінованою і стохастичною формулюваннях. | | | |
| | СРС Методи побудови множини Парето. | СРС | Конспект лекції, 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."Харьк. авиац. ин-т"., 2016. – 103 с.(с.25-40) | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год. |
| | ПЗ 11. Пряма і зворотна задачі розрахунку розмірних конструкторських ланцюгів і методи їх вирішення. | Практичне заняття | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 9 8 год. | Тема 10. Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання. Лекція 25. Методи обчислювального інтелекту: | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|---------------------------------|--|---------------------------|--|---|
| | ітеративні (локальні), вагові локальні (з адаптацією), локально-стохастичні на основі самоорганізації: стохастичною апроксимації, стохастичні квазіградієнтні, мультіагентні (генетичні алгоритми, методи диференціальної еволюції, імунні). | | | |
| | СРС. Приклади застосування методів обчислювального інтелекту для вирішення задач робастного оцінювання. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, В. Е. Стрелец, М. Л. Угрюмов и др. Информационная технология диагностирования сложных технических систем в условиях неопределенности входных данных [монография]. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т"., 2016. – 103 с.(с.41-60) | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 6 год. |
| Тиж. 10 8 год. | Лекція 26. Меметичні алгоритми як гібридні алгоритми, засновані на використанні різних стратегій (гіпереврістік). | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Приклади застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, Journal of Memetics – Evolutionary | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4год. |

| | | | | |
|--|---|----------------------------------|--|---|
| | | | <p>Models of Information Transmission Режим доступу – http://www.cpm.mmu.ac.uk/jom-emit/overview.html</p> | |
| | <p>ПЗ 12. Застосування меметичних алгоритмів для вирішення задач робастного оцінювання.</p> | <p><i>Практичне заняття</i></p> | <p>Конспект лекції, Карпенко А.П. Современные алгоритмы. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие // А. П. Карпенко. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 446 с.</p> | <p>опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год.</p> |
| <p>Тиж. 11 8 год.</p> | <p><i>Тема 11.</i> 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. Лекція 27. 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</p> | <p><i>Лекція / аудиторна</i></p> | <p>Презентація лекції</p> | <p>2 год.</p> |

| | | | | |
|----------------------------------|--|---------------------------|--|---|
| | ін.). | | | |
| | СРС. Експертні системи для моніторингу, діагностування і прогнозування | <i>СРС</i> | Конспект лекції, Джексон П. Введение в экспертные системы.: Пер. с англ.: Уч. пос. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 624 с. | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 6 год. |
| Тиж. 12 12 год. | Лекція 28. Структура програмного забезпечення для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану. Основні характеристики і принципи роботи. Програмування в пакетах. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Ознайомлення з основними характеристиками та принципами роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану. | <i>СРС</i> | Конспект лекції, 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 | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 8 год. |

| | | | | |
|----------------------------|---|---------------------------|--|--|
| | | | др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковського «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 108 с. | |
| | ПЗ 13. Використання спеціалізованих пакетів прикладних програм (ППП) для побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану. | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 13 14 год. | Лекція 29. Рішення основних завдань побудови моделей процесів управління нелінійними динамічними системами на основі статистичних даних про змінних стану. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Розв'язання завдання на курсову роботу. | <i>СРС</i> | Конспект лекції | Опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 10 год. |
| Тиж. 14 8 год | <i>Тема 12.</i> Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів. Лекція 30. Засоби сучасних інформаційних технологій (ІТ) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів. Математичні моделі і методи, реалізовані в цих ІТ. | <i>Лекція / аудиторна</i> | Презентація лекції | 2 год. |

| | | | | |
|-------------------|--|--------------------|--------------------------------------|--|
| | СРС. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованих пакетів прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів. | СРС | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 4 год. |
| | ПЗ 14. Основні характеристики та принципи роботи з спеціалізованими пакетами прикладних програм (ППП) для вирішення завдань РОП&ІД систем і процесів. | Практичне заняття | Конспект лекції | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |
| Тиж. 15 14 год | Лекція 31. Комп'ютерні системи 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.). | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |
| | СРС. Розв'язання завдання на курсову роботу. | СРС | Конспект лекцій, література до курсу | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 10 год. |
| Тиж. 16 8 год. | Лекція 32. Структура програмного забезпечення для автоматизації процесів РОП&ІД. Основні характеристики і принципи роботи. Програмування в пакетах. Рішення основних задач РОП&ІД в пакетах. | Лекція / аудиторна | Презентація лекції | 2 год. |
| | Підготовка до підсумкової контрольної роботи | СРС | Конспект лекції | опрацювати теоретичний матеріал, |

| | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------|-----------------|---|
| | | | | 4 год. |
| | Підсумкова контрольна робота | <i>Практичне заняття</i> | Конспект лекцій | опрацювати лекцію, ознайомитись з літературою, 2 год. |

11. Система оцінювання та вимоги
Загальна система оцінювання курсу.

1 семестр

| Бали за поточний контроль знань впродовж семестру (по темах) | | | | | | Контрольна робота, передбачена навчальним планом | Разом | Залік | Сума |
|--|----|----|----|----|----|--|-------|-------|------|
| Розділ 1 | | | | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | | | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 | 60 | 40 | 100 |

2 семестр

| Бали за поточний контроль знань впродовж семестру (по темах) | | | | | | Контрольна робота, передбачена навчальним планом | Курсова робота | Разом | Іспит | Сума |
|--|----|----------|-----|-----|-----|--|----------------|-------|-------|------|
| Розділ 2 | | Розділ 3 | | | | | | | | |
| T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | | | | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 10 | 20 | 60 | 40 | 100 |

| | |
|--|--|
| Загальна система оцінювання курсу | <i>участь в роботі впродовж семестру/залік - 60/40</i> Розподіл балів, що присвоюються студентам з навчальної дисципліни, є сумою балів за виконання всіх |
|--|--|

| | |
|---|--|
| | видів завдань та самостійну роботу плюс бали, отримані під час екзамену. Впродовж семестру студент за виконання всіх завдань може отримати до 60 балів і до 40 балів під час складання заліку. |
| Вимоги до контрольної роботи | Завдання з контрольної роботи повинні бути виконані в повному обсязі. При оцінюванні роботи враховується повнота виконання, здатність студента формулювати закони та закономірності, структурувати судження, обґрунтовувати виконані операції, алгоритми, правила визначення понять, робити висновки, описи, тощо. Максимальна оцінка за контрольну роботу – 10 балів. Студент може скласти залік лише за наявності виконаних практичних завдань. |
| Вимоги до курсової роботи | Завдання з курсової роботи повинно бути виконано в повному обсязі. При оцінюванні роботи враховується вміння чітко та стисло викласти основні результати дослідження, повнота виконання, здатність студента обґрунтовувати обрані методи вирішення задачі. Максимальна оцінка за курсову роботу – 20 балів. Студент може скласти екзамен лише за наявності виконаної курсової роботи. |
| Умови допуску до підсумкового контролю | Умовою допуску студента до підсумкового семестрового контролю (залік, екзамен) є наявність усіх виконаних практичних робіт та контрольної роботи. Згідно рішення кафедри теоретичної та прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук до екзамену не допускаються студенти, які мають заборгованість контрольним роботам. Наприкінці курсу всі бали підсумовуються і студент має можливість (в разі успішного виконання всіх завдань) отримати максимальну підсумкову оцінку 100 балів. |

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|--|---------------|---------------|
| | для екзамену | для заліку |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | не задовільно | не зараховано |

12. 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.Вилломс, 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 \(курс лекций, К.В.Воронцов\)](http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций,_К.В.Воронцов))
7. MacKay David J.C. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. – Cambridge University Press, 2003. – 628 p.
8. Rasmussen C. E., Williams C. K. 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.
18. Решение экономических задач с использованием статистических пакетов обработки данных: учеб. Пособие по лаб. практикуму / М.С. Мазорчук, Н.С. Бакуменко. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 95 с.