

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

на засіданні кафедри  
економічної кібернетики і системного аналізу  
Протокол № 1 від 22.08.2023 р.

**ПОГОДЖЕНО**

Проректор з навчально-методичної роботи

  
Каріна НЕМАШКАЛО



**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ DATA SCIENCE**  
робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань  
Спеціальність  
Освітній рівень  
Освітня програма

12 "Інформаційні технології"  
124 "Системний аналіз"  
перший (бакалаврський)  
Управління складними системами

Статус дисципліни  
Мова викладання, навчання та оцінювання

вибіркова  
українська

Розробник:  
к.е.н., доцент

  
\_\_\_\_\_

Любов ЧАГОВЕЦЬ

Завідувач кафедри  
економічної кібернетики  
і системного аналізу

  
\_\_\_\_\_

Лідія ГУР'ЯНОВА

Гарант програми

  
\_\_\_\_\_

Оксана ПАНАСЕНКО

Харків  
2024

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку економіки вимагає використання сучасних методів та програмних продуктів для рішення конкретних економічних задач. Кожне планування економічного процесу починається з вивчення умов і змістовної постановки задачі. Для багатьох важливих класів економічних задач актуальним стає змістовний аналіз даних та великих даних, пошук неявних логічних закономірностей. Аналіз багатовимірних об'єктів у процесі управління їх економічною діяльністю в умовах стохастичності базується на навчальній дисципліні «Методи та моделі Data Science», яка складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів зі спеціальності 124 «Системний аналіз», освітньо-професійної програми «Управління складними системами».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є методи та моделі Data science, як науки о даних, зокрема засоби побудови дескриптивної, предиктивної аналітики, візуалізації даних та машинного навчання.

Мета навчальної дисципліни: Метою викладання навчальної дисципліни «Методи та моделі Data Science» є засвоєння основних ідей сучасного аналізу даних, вивчення сучасних методів та моделей аналізу даних и машинного навчання.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Методи та моделі Data Science» є

засвоєння основних ідей Data Science та машинного навчання;

засвоєння основних принципів та підходів до обробки кількісних та якісних даних;

засвоєння прикладних аспектів роботи з великими даними, що описують стан та розвиток складних систем;

засвоєння основних методичних підходів та сучасного теоретичного та практичного базису з побудови моделей та алгоритмів обробки, візуалізації та аналізу даних, побудови рекомендаційних систем та машинного навчання.

Таблиця 1

**Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна**

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
PH7	КФ 1
PH6	КФ 2
PH18	КФ 5
PH12	КФ 7

де, КФ 1. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення

задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

КФ 2. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

КФ 5. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

КФ 7. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань.

РН6. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов та конфліктів.

РН7. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

РН12. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статистичного аналізу.

РН18. Застосовувати системний підхід до моделювання фінансових процесів, безпеки систем різного призначення та рівня ієрархії.

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Змістовний модуль 1. Вступ до Data Science та аналітики даних**

#### **Тема 1. Вступ до Data Science**

Переваги прийняття рішень заснованих на аналітиці даних. Категорії Data Science, Machine Learning, Data Mining, Business Intelligent, Artificial Intelligence та їх перетин. Основні завдання Data Science.

Еволюція аналізу даних. Описова (descriptive), діагностична (diagnostic), прогнозна (predictive), наказова (prescriptive) аналітики даних.

Основи статистичного (машинного навчання). Сутність навчальної та контрольної вибірок. Особливості оцінки якості моделей машинного навчання.

#### **Тема 2. Передобробка даних та статистичні гіпотези**

Інструменти та методи Data Science. Прикладний інструментарій. Мови програмування, найбільш пристосовані для вирішення завдань аналітики даних. Можливості аналітики даних на R/Python.

Аналіз структури та типів даних, обробка вхідних даних та їх чистка, використання неповних даних. Підготовка даних. Сирі дані та їх обробка. Побудова дескриптивної аналітики.

Формулювання гіпотези та її формальний запис. Квантилі законів розподілу та використання основних функцій для роботи з розподілами.

### **Тема 3. Методи візуалізації даних**

Основи візуалізації даних. Правила побудови вдалої візуалізації. Види візуалізацій та їх мікси. Особливості сприйняття інформації людиною. Використання кольорів та особливостей розміщення інформації для створення аналітичного звіту. Сучасний інструментарій для візуалізації даних.

## **Змістовний модуль 2. Алгоритми статистичного та машинного навчання в Data Science**

### **Тема 4. Методи статистичного навчання**

Особливості задач статистичного машинного навчання.

Проблеми побудови регресійних моделей на великих обсягах даних.

Підходи до статистичного навчання. Методи побудови та дослідження регресійних моделей. Оцінка параметрів моделі. Критерії якості моделі. Дослідження нетипових помилок моделі.

### **Тема 5. Ансупервайзорні методи машинного навчання**

Задача навчання без вчителя. Реалізація методів кластерного аналізу. Найпоширеніші алгоритми кластеризації. Основи кластеризації та візуалізації результатів.

### **Тема 6. Супервайзорні методи та алгоритми розпізнавання**

Навчання з учителем. Особливості різних видів алгоритмів класифікації. Байєсовський класифікатор та KNN.

Оцінка якості класифікації. Види помилок. Проблема вибору моделі.

Дерева класифікації та ансамблі дерев. Деревоподібні моделі пошуку логічних закономірностей. Алгоритм CART.

Ансамблеве навчання та випадкові ліси.

### **Тема 7. Методи регуляризації та просторового скорочення**

Методи зниження розмірності. Інтерпретація даних в задачах великої розмірності.

Побудова класифікаторів на опорних векторах. Машини опорних векторів (SVM). SVM з декількома класами. Взаємозв'язок з логістичною регресією.

Перелік лабораторних занять за навчальною дисципліною наведено в табл. 2

**Перелік лабораторних занять**

Назва теми	Зміст
Тема 1.	Знайомство з R та RStudio.
Тема 2.	Робота з таблицями даних у R. Статистичні характеристики
Тема 3.	Передобробка даних та візуалізація в R.
Тема 4.	Відбір та регуляризація лінійних моделей в R
Тема 5, Тема 6.	Супервайзорні та ансупервайзорні методи класифікації
Тема 7.	SVM-моделі

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл.

3

**Перелік самостійної роботи**

Назва	Зміст
Тема 1.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до лабораторного заняття, огляд теоретичного матеріалу з теми "Сучасні фреймворки статистичної обробки даних".
Тема 2.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до лабораторного заняття. Виконання завдання "Інструментальні засоби Data Science", "Розвідувальний аналіз датасету"
Тема 3.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до лабораторного заняття. Виконання завдань "Використання інструментів візуалізації даних"
Тема 4.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до лабораторного заняття. Виконання завдань «Методи статистичного навчання»
Тема 5.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою; виконання завдання «Ансупервайзорні методи машинного навчання»
Тема 6.	Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичного заняття. Виконання завдання «Супервайзорні методи та алгоритми розпізнавання».
Тема 7.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою; підготовка до практичного заняття. Виконання завдання «Методи регуляризації та просторового скорочення»

Кількість годин лекційних, лабораторних занять та годин самостійної роботи наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

**МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

Під час викладання дисципліни "Методи та моделі Data Science" для активізації навчального процесу передбачено застосування сучасних навчальних технологій, таких, як робота в малих групах. Розділ форм та методів активізації процесу навчання за темами навчальної дисципліни наведено у таблиці 4.

**Розподіл форм та методів активізації процесу навчання  
за темами навчальної дисципліни**

Тема	Практичне застосування навчальних технологій
Тема 1.	Робота в малих групах
Тема 2.	Презентація результатів роботи в малих групах за темою заняття
Тема 3.	Робота в малих групах
Тема 4.	Презентація результатів роботи в малих групах за темою заняття
Тема 5.	Робота в малих групах
Тема 6.	Робота в малих групах
Тема 7.	Робота в малих групах за темою заняття

**Робота в малих групах** дає змогу структурувати лекційні або практично-семінарські заняття за формою і змістом, створює можливості для участі кожного здобувача в роботі за темою заняття, забезпечує формування особистісних якостей та досвіду соціального спілкування. Після висвітлення проблеми або стислого викладання матеріалу здобувачам пропонується об'єднуватися у групи по 2 – 3 особи та презентувати своє бачення та сприйняття матеріалу.

### **ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ**

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти. Семестровий контроль проводиться у формах семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні

контрольні заходи:

Поточний контроль: завдання за лабораторними роботами (кожне 5 балів, сумарно 30 балів), письмова контрольна робота (кожна 5 балів, сумарно 10 балів), презентація (кожна 5 балів, сумарно 10 балів), експрес-опитування на лекції (сумарно 10 балів).

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів)

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни з формою семестрового контролю екзамен (іспит)).

#### Екзаменаційний білет

Завдання 1. Дайте відповіді на питання діагностичного характеру:

1. Дисперсія дозволяє оцінити:

- 1) міру розсіювання
- 2) розмах варіації
- 3) групування
- 4) частоту розподілу

2. Чи вірно, що деякі R-пакети мають власні функції, аналогічні стандартній `summary()`, для виведення компактних описових зведень за таблицями даних?

- 1) Вірно
- 2) Невірно

3. Якість побудованого дерева вище, якщо

- 1) Ціна крос-перевірки мінімальна, ціна помилки навчання мінімальна
- 2) Ціна крос-перевірки вище, ніж ціна помилки навчання
- 3) Ціна крос-перевірки мінімальна, ціна помилки навчання перевищує помилку крос-перевірки

4. Об'єднана інформація про атрибути розщеплення і предиката розщеплення в вузлі називається

- 1) атрибутом розподілу
- 2) критерієм розщеплення
- 3) критерієм якості
- 4) атрибутом прогнозування

5. Виберіть правильну послідовність етапів побудови моделі

- 1) вибір початкової конфігурації мережі; виявлення ефекту перенавчання та коригування конфігурації мережі; моделювання та навчання мережі з оцінкою контрольної помилки і використанням додаткових нейронів або проміжних шарів
- 2) вибір початкової конфігурації мережі; моделювання та навчання мережі з оцінкою контрольної помилки і використанням додаткових нейронів або проміжних шарів; виявлення ефекту перенавчання та коригування конфігурації мережі
- 3) моделювання та навчання мережі з оцінкою контрольної помилки і використанням додаткових нейронів або проміжних шарів; вибір початкової конфігурації мережі; виявлення ефекту перенавчання та коригування конфігурації мережі

6. Загальна оцінка якості побудованого дерева – це

- 1) відсоток невірно класифікованих спостережень
- 2) рівень відсікання дерева
- 3) кількість вузлів дерева
- 4) кількість термінальних вершин дерева

7. Якщо залежна змінна набуває лише дискретні значення, то дерево рішень

- 1) вирішує завдання класифікації
- 2) встановлює залежність цієї змінної від незалежних змінних, тобто вирішує завдання перспективного чисельного прогнозування
- 3) вирішує завдання ретроспективного чисельного прогнозування

8. Коефіцієнт варіації характеризує

- 1) а. відповідність нормальному закону
- 2) б. однорідність вибірки
- 3) с. симетричність розподілу

9. У регресійній моделі результуючими ознаками називаються:

- a. незалежні змінні
- b. екзогенні змінні
- c. залежні змінні

10. На рисунку зображено результати моделювання

```
> summary(mode14)
```

```
Call:
```

```
lm(formula = dist ~ speed:new, data = d)
```

```
Residuals:
```

```
   Min       1Q   Median       3Q      Max
-29.162  -9.737  -2.038   5.471  45.455
```

```
Coefficients:
```

```
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 15.831240   3.447150   4.593 3.18e-05 ***
speed:new    0.058117   0.005844   9.945 3.04e-13 ***
```

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 14.88 on 48 degrees of freedom
```

```
Multiple R-squared:  0.6732,    Adjusted R-squared:  0.6664
```

```
F-statistic: 98.9 on 1 and 48 DF,  p-value: 3.036e-13
```

Аналізуючи коефіцієнти Стьюдента та скорегованого коефіцієнта детермінації, який з висновків є вірним?

- 1) Модель є адекватною на рівні 98,9%, параметри статистично незначущі
- 2) Модель є адекватною на рівні 95 %, параметри статистично значущі
- 3) Модель не є адекватною на рівні 98,9%, але параметри статистично значущі
- 4) Модель є адекватною на рівні 66,64%, параметри статистично значущі

11. За наведеними результатами моделювання чи є параметри моделі статистично значущими?

```
> t=1/years
```

```
> summary(lm(region~t))
```

```
Call:
```



lm(formula = region ~ t)

Coefficients:

	Estimate	Std.Error	t-value	Pr(> t )
(Intercept)	9.669e+02	4.958e+01	19.50	2.33e-07 ***
t	-1.911e+06	9.912e+04	-19.28	2.52e-07 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Multiple R-squared: 0.9815, Adjusted R-squared: 0.9789  
F-statistic: 371.6 on 1 and 7 DF, p-value: 2.52e-07

- 1) Так, значущі на рівні 99%
- 2) Ні, незначущі на рівні 95%
- 3) Так, значущі на рівні 90%
- 4) Ні, незначущі на рівні 99%

12. Яка з команд дозволяє побудувати багатофакторну лінійну модель

- 1) `> model = lm (dist~speed+I(speed^2), data = d)`
- 2) `> model = lm (dist~speed*new, data = d)`
- 3) `> model = lm (dist~speed+new, data = d)`

13. Для оцінки якості розбиття в методі CART-аналізу використовують

- 1) перехресну перевірку
- 2) p-рівень
- 3) індекс Gini

14. Метод перебору всіх можливих варіантів конфігурацій дерева можливий

- 1) а. за одномірним розгалуженням
- 2) б. за алгоритмом CART
- 3) с. за розгалуженням з лінійною комбінацією змінних
- 4) д. за вершинами розгалуження

15. Суму відносних вкладів усіх загальних факторів у дисперсію показника Y відображає

- 1) специфічність
- 2) спільність
- 3) характерність

16. Матриця, елементи якої відбивають ступінь близькості об'єктів, показників, ознак у розглянутій сукупності, є

- 1) Матрицею контингенції
- 2) Матрицею коваріацій
- 3) Матрицею дисперсій
- 4) Матрицею відстаней

17. Це зібрання функцій R, даних та скопільованого програмного коду у певному форматі.

- 1) Пакет
- 2) Директорія
- 3) Робочий простір

18. Директорію, в якій пакети R зберігаються на комп'ютері можна вважати

- 1) Бібліотекою
- 2) Робочим простором
- 3) датафреймом

19. Які тип даних дозволяє поєднувати цифровий та текстовий формат даних:

- 1) Список
- 2) Матриця
- 3) Вектор
- 4) Масив

20. Датафрейм дозволяє

- 1) Поєднати дані за ознаками до однієї таблиці
- 2) Визначити найважливіші ознаки моделі
- 3) Скоротити простір ознак

Завдання 2. У таблиці за підприємствами легкої промисловості надано значення показників рентабельності ( $x_1$ ) та продуктивності праці ( $x_2$ ). Провести позиціювання підприємств відносно еталону та визначити структуру даних, виконавши наступне:

провести стандартизацію даних;

побудувати графік "кам'янистого осипу" і здійснити припущення про кількість груп;

побудувати розбиття вибраним методом;

візуалізувати (наприклад, візуальним розміщенням груп);

визначити конкретні елементи кожної групи та дати умовну характеристику кожної групи (тобто через які фактори конкретна група вирізняється я з-поміж інших);

Сформулювати висновки за результатами.

Підприємств о	X1	X2
1	2,95	5,6
2	3,1	7,1
3	1,65	4,5
4	2,7	9,8
5	1,5	9,2
6	1,15	5,7
7	1,75	4,7
8	1,25	4,2

Відповіді здобувачів оцінюються за системою згідно з кваліфікаційними вимогами до бакалаврів спеціальності 124 «Системний аналіз» ОПП «Управління складними системами». Виконання кожного екзаменаційного завдання оцінюється таким чином (табл. 5):

Таблиця 5

Оцінювання екзаменаційних завдань

Завдання	Кількість балів
Завдання 1	20
Завдання 2	20
Разом	40

Перше завдання спрямоване на оцінку когнітивних знань здобувача за дисципліною, що дозволяє визначити рівень володіння навчальним матеріалом, для цього використовуються наступні критерії (табл. 6):

Критерії оцінювання завдання 1

Кількість вірних відповідей	Кількість балів	Кількість вірних відповідей	Кількість балів
1	1	11	11
2	2	12	12
3	3	13	13
4	4	14	14
5	5	15	15
6	6	16	16
7	7	17	17
8	8	18	18
9	9	19	19
10	10	20	20

Друге завдання спрямоване на оцінку компетентностей, пов'язаних з умінням застосовувати отримані знання для вирішення широкого класу задач із застосуванням інструментальних засобів, зокрема мови R. Оцінювання завдання здійснюється у відповідності з критеріями (табл. 7)

Таблиця 7

Бал	Вимоги до відповіді на завдання
20	На поставлені завдання дано правильні відповіді. Немає логічних та арифметичних помилок, розв'язання виконано в логічній послідовності. Хід розв'язання задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання. Наведено логічні висновки про результати розрахунків.
19	На поставлені завдання дано відповіді з помилками арифметичного характеру. Розв'язання виконано в логічній послідовності. Хід розв'язання задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання. Наведено логічні висновки про результати розрахунків.
18	На всі поставлені завдання дано відповіді з помилками арифметичного та логічного характеру, що не впливають на загальний відповідь завдань. Хід рішення задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання. Логічні висновки результатів розрахунків відсутні.
17	На всі поставлені завдання дано відповіді із незначними помилками арифметичного та логічного характеру, що не впливають на загальний відповідь завдань. Хід рішення задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання. Логічні висновки результатів розрахунків відсутні.
16	На всі поставлені завдання дано відповіді із незначними помилками арифметичного та незначними помилками логічного характеру, що не впливають на загальний відповідь завдань. Хід рішення задачі не супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання
15	На всі поставлені завдання дано відповіді із незначними помилками арифметичного та логічного характеру, що впливають на загальний відповідь завдань. Хід рішення задачі супроводжується поясненнями, які використовують понятійний апарат методу розв'язання
14	Наведено рішення завдання формальна постановка і загальний алгоритм рішення, однак, рішення не містить істотні логічні помилки, що впливають на

Бал	Вимоги до відповіді на завдання
	підсумковий результат, остаточні висновки вірні.
13	Наведено рішення завдання формальна постановка і загальний алгоритм рішення, однак, рішення містить логічні та арифметичні помилки, що впливають на підсумковий результат, остаточні висновки не вірні. Хід рішення задачі супроводжується поясненнями
12	Наведено рішення завдання формальна постановка і загальний алгоритм рішення, однак, рішення містить істотні арифметичні помилки, що впливають на підсумковий результат, остаточні висновки не вірні. Хід рішення задачі не супроводжується поясненнями
11	Наведена формальна постановка і загальний алгоритм рішення, однак, рішення містить істотні арифметичні помилки, що впливають на підсумковий результат, остаточні висновки не вірні
10	Наведена формальна постановка рішення, рішення містить істотні логічні та арифметичні помилки, що впливають на підсумковий результат, остаточні висновки не вірні.
9	Подано повну математичну постановку задачі та описано вірно алгоритм оцінювання, виконано розрахунки із незначними логічними помилками, технічні розрахунки виконано невірно, висновків немає
8	Подано повну математичну постановку задачі та описано вірно алгоритм оцінювання, виконано розрахунки із деякими логічними помилками, технічні розрахунки виконано невірно, висновків немає
7	Подано повну математичну постановку задачі та описано вірно алгоритм оцінювання, виконано розрахунки із багатьма значними логічними помилками, висновків немає
6	Наведено повну математичну постановку задачі та повну етапність алгоритму оцінювання
5	Подано повну математичну постановку задачі та повна етапність алгоритму оцінювання
4	Наведено повну математичну постановку та основні етапи алгоритму оцінювання
3	Подано повну математичну постановку та початок алгоритму оцінювання
2	Наведено неповну математичну постановку та початок алгоритму оцінювання
1	Здобувач зміг записати неповну математичну постановку задачі
0	Завдання не розв'язано

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Актуальні проблеми системного аналізу та моделювання процесів управління / За ред. В. Пономаренка, Л. Гур'янової, Я. Пеліової, Е. Ніжинського – Братислава-Харків, ВШЕМ – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2023. – 409 с. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29952>.

2. Сучасні інформаційні технології та системи [Електронний ресурс] : монографія / Н. Г. Аксак, Л. Е. Гризун, О. В. Щербаков [та ін.] ; за заг. ред. Пономаренка В. С. — Електрон. текстові дан. (22,9 МБ). — Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2022. — 270 с. Режим доступу: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/29233>.

### Додаткова

3. Advanced R Statistical Programming and Data Models: Analysis, Machine Learning, and Visualization Joshua F. Wiley, Matt Wiley: APress, 2019. – 638 p.
4. Ch V Raghavendran. Hand Book on R ProgrammingScholars' Press, 2021. – 124 p.
5. Einspruch, Eric L. An Introductory Guide to R: Guilford Publications, 2022. – 196 p.
6. Chagovets L. Fuzzy Logic and Neural Networks Application in Estimation of Economic Security / L.Chagovets, N. Chernova, O. Panasenko Oksana, I. Medvicka // Conference Proceedings of the 2nd International Scientific Conference “Economic and Social-Focused Issues of Modern World” (October 16 – 17, 2019, Bratislava, Slovak Republic). – Pp. 20-29.Sergio Consoli, Diego Reforgiato Recupero, Michaela Saisana. Data Science for Economics and Finance. Methodologies and Applications: Springer; 1st ed., 2021. – 369 p.
7. Silvia Bozza, Franco Taroni. Bayes Factors for Forensic Decision Analyses with R. Springer Texts in Statistics (2022).
8. Jorge Munoz-Gama, Xixi Lu. Process Mining Workshops ICPM 2021 International Workshops, Eindhoven, The Netherlands, October 31 – November 4, 2021, Revised Selected Papers in Lecture Notes in Business Information Processing (2022).
9. Dana Fisman, Grigore Rosu. Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems, 28th International Conference, TACAS 2022, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2022, Munich, Germany, April 2–7, 2022, Proceedings, Part II in Lecture Notes in Computer Science (2022).