

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра «Вища математика і фізика»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. зав. кафедри ВМ



Наталя ДЬОМІНА

« 29 » серпня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»

зі спеціальності 101 «Екологія»

за ОПІ Екологія

(на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр»)

факультет агротехнологій та екології

2022– 2023 н. р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 101 «Екологія» за ОПП Екологія (на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр») – Запоріжжя, ТДАТУ – 13 с.

Розробник: к.ф.-м.н., доцент Леонтєва В. В.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри вищої математики і фізики  
протокол №1 від «29» серпня 2022 року

В.о. завідувача кафедри вищої математики і фізики

доц.  Наталя ДЬОМІНА

Схвалено методичною комісією факультету агротехнологій та екології за напрямом підготовки 101 «Екологія» за ОПП Екологія для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» (на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр»).

Протокол № 1 від «31» серпня 2022 року

Голова, доцент  Любов ЗДОРОВЦЕВА

**1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів: <b>3</b> Загальна кількість годин: <b>90 годин</b>	Галузь знань <b>10 – Природничі науки</b>	<b>Обов'язкова</b>	
Змістових модулів: <b>2</b>	Спеціальність: <b>101 «Екологія»</b>	<b>Курс</b>	<b>Семестр</b>
		1М-й	2-й
		<b>Вид занять</b>	<b>Кількість годин</b>
		Лекції	12 год.
Тижневе навантаження: аудиторних занять – <b>2 год.</b> самостійної роботи студента – <b>4,1 год.</b>	Ступінь вищої освіти: <b>«Магістр»</b>	Практичні заняття	12 год.
		Лабораторні заняття	-.
		Самостійна робота	66 год.
		Форма контролю: <b><u>Диференційований залік</u></b>	

## 2 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Метою** навчальної дисципліни «Системний аналіз якості навколишнього середовища» є забезпечення міцного і свідомого оволодіння системою математичних знань з основних теоретичних положень, аналізу й застосування моделей та методів системного аналізу, вироблення умінь і навичок використання сучасної, вживаної у практичній діяльності методології ідентифікації проблем, аналізу, розробки та прийняття й обґрунтування різного роду рішень, а також уміння самостійно створювати і адаптувати подібні методи до конкретних умов, і на цій підставі сформулювати висококваліфікованого сучасного фахівця.

**Завданнями** дисципліни є набуття теоретичних знань і практичних навичок з застосування методів аналізу даних для проведення передмодельного аналізу експериментальних даних, методів визначення суттєвих та несуттєвих факторів та характеристик досліджуваних процесів, методів пошуку найефективнішого або найбільш прийняттого способу дії для досягнення однієї чи кількох цілей, вивчення теоретичних засад, основних принципів та інструментарію математичного апарату, який використовується при вирішенні практичних задач у сфері оцінки якості навколишнього середовища, розвиток навичок творчого дослідження, логічного мислення та підвищення загального рівня математичної культури при розв'язанні практичних задач.

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

### **Інтегральна компетентність.**

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій, які характеризуються комплексністю та невизначеністю умов та вимог.

### **Загальні компетентності**

**ЗК 06.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Фахові компетентності**

**ФК 01.** Обізнаність на рівні новітніх досягнень, необхідних для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

**ФК 02.** Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні екологічних проблем.

**ФК 04.** Здатність застосовувати нові підходи до аналізу та прогнозування складних явищ, критичного осмислення проблем у професійній діяльності.

**ФК 07.** Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування, в умовах неповної інформації та суперечливих вимог.

**ФК 08.** Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

### **Результати навчання (з урахуванням soft skills)**

**РН 06.** Знати новітні методи та інструментальні засоби екологічних досліджень, у тому числі методи та засоби математичного і геоінформаційного моделювання.

**РН 17.** Критично осмислювати теорії, принципи, методи і поняття з різних предметних галузей для вирішення практичних задач і проблем екології.

**РН 18.** Уміти використовувати сучасні методи обробки і інтерпретації інформації при проведенні інноваційної діяльності.

#### **Soft skills:**

- **комунікативні навички:** письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести суперечки і відстоювати свою позицію, спілкування в конфліктній ситуації; навички створення, керування й побудови відносин у команді;
- **уміння виступати привселюдно:** навички, необхідні для виступів на публіці; проводити презентації;
- **керування часом** - уміння справлятися із завданнями вчасно;
- **гнучкість і адаптивність:** гнучкість, адаптивність і здатність мінятися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблем;
- **лідерські якості:** уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння встановлювати мету, планувати;
- **особисті якості:** креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до навколишніх.

## **3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I. Методологічні основи системного аналізу якості навколишнього середовища. Аналіз експериментальних даних та математичне моделювання**

**ТЕМА 1** Сутність, концептуальні поняття та методологія системного аналізу якості навколишнього середовища

[1, с.43-68, 73-86, 122-136, 2, с.5-32, 4, с.13-33, конспект лекцій за темою 1]

Сутність системного аналізу якості навколишнього середовища. Основні поняття. Основні етапи системного аналізу. Методологія системного аналізу якості навколишнього середовища.

**ТЕМА 2 Застосування методів системного аналізу до аналізу експериментальних даних. Передмодельна аналітика даних**  
[3, с.11-26, 4, с.156-166, конспект лекцій за темою 2]

Основні поняття та визначення. Попередній аналіз експериментальних даних. Аналіз нормальності та коригування аномальності значень. Статистичний аналіз нормальних даних: сутність та математичний інструментарій аналізу.

**ТЕМА 3 Використання простої прогнозної методології у системному аналізі**

[3, с.26-46, 116-119, 5, с.343-345, конспект лекцій за темою 3]

Основні поняття та визначення. Класифікація прогнозних методів. Сутність та використання основних простих прогнозних методів.

**ТЕМА 4 Використання складної прогнозної методології у системному аналізі**

[3, с.46-68, 116-119, конспект лекцій за темою 4]

Сутність складних прогнозних методів. Основні види складних прогнозних методів. Використання основних складних прогнозних методів при розв'язанні задач практики.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II. Застосування методології системного аналізу до розв'язання неструктурованих та слабо структурованих проблем**

**ТЕМА 5 Застосування методології системного аналізу до розв'язання неструктурованих проблем**

[5, с.17-37, 42-43, 116-134, конспект лекцій за темою 5]

Основні поняття та визначення. Проблеми та методи експертного оцінювання. Методика побудови ранжируваного ряду. Методологія експертного оцінювання за методом безпосереднього ранжирування та методом парних порівнянь. Визначення узгодженості суджень експертів.

**ТЕМА 6 Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням класичних та похідних критеріїв**

[2, с.33-48, 5, с.4-15, 84-108, 147-161, конспект лекцій за темою 6]

Основні поняття та визначення. Сутність та види задач. Теоретичні основи та методологія теорії статистичних рішень. Використання класичних критеріїв до розв'язання практичних задач. Використання похідних критеріїв до розв'язання практичних задач

**ТЕМА 7 Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням складених критеріїв**

[2, с.42-48, 5, с.4-15, 84-108, 147-161, конспект лекцій за темою 7]

Складені критерії теорії статистичних рішень при розв'язанні слабо структурованих проблем. Використання складених критеріїв до розв'язання практичних задач.

#### 4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				балів
			годин				
			лк	лаб	прак	СРС	
<i>Змістовий модуль 1. Методологічні основи системного аналізу якості навколишнього середовища. Аналіз експериментальних даних та математичне моделювання</i>							
2	Лекція 1	Сутність, концептуальні поняття та методологія системного аналізу якості навколишнього середовища.	1				
	Лекція 2	Застосування методів системного аналізу до аналізу експериментальних даних. Передмодельна аналітика даних.	1				
	Самостійна робота 1	Опрацювання теоретичного матеріалу за лекціями 1, 2.				4	1
	Практичне заняття 1	Передмодельна аналітика даних.			2		10
	Самостійна робота 2	Опрацювання теоретичного й практичного матеріалів за практичним заняттям 1.				4	1
4	Лекція 3	Використання простої прогнозної методології у системному аналізі.	2				
	Самостійна робота 3	Підготовка до лекції 3.				4	2
	Практичне заняття 2	Використання простої прогнозної методології у системному аналізі.			2		10
	Самостійна робота 4	Підготовка до практичного заняття 2.				4	2
6	Лекція 4	Використання складної прогнозної методології у системному аналізі.	2				
	Самостійна робота 5	Підготовка до лекції 4.				4	2
	Практичне заняття 3	Використання складної прогнозної методології у системному аналізі.			2		10
	Самостійна робота 6	Підготовка до практичного заняття 3.				4	2
8	Самостійна робота 7	Підготовка до ПМК1.				9	
	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1.					10
<b>Всього за змістовий модуль 1 – 45 год.</b>			<b>6</b>	<b>–</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>50</b>
<i>Змістовий модуль 2. Застосування методології системного аналізу до розв'язання неструктурованих та слабо структурованих проблем</i>							
10	Лекція 5	Застосування методології системного аналізу до розв'язання неструктурованих проблем.	2				
	Самостійна робота 8	Підготовка до лекції 5.				4	1
	Практичне заняття 4	Застосування методології системного аналізу до розв'язання неструктурованих проблем.			2		10

	Самостійна робота 9	Підготовка до практичного заняття 4.				4	1
12	Лекція 6	Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням класичних та похідних критеріїв.	2				
	Самостійна робота 10	Підготовка до лекції 6.				4	2
	Практичне заняття 5	Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням класичних та похідних критеріїв.			2		10
	Самостійна робота 11	Підготовка до практичного заняття 5.				4	2
14	Лекція 7	Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням складених критеріїв.	2				
	Самостійна робота 12	Підготовка до лекції 7.				4	2
	Практичне заняття 6	Застосування методології системного аналізу до розв'язання слабо структурованих проблем із використанням складених критеріїв.			2		10
	Самостійна робота 13	Підготовка до практичного заняття 6.				4	2
16	Самостійна робота 14	Підготовка до ПМК2.				9	
	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2.					10
<b>Всього за змістовий модуль 2 – 45 год.</b>			<b>6</b>	<b>–</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>50</b>
<b>Диференційований залік</b>							
<b>Всього з навчальної дисципліни – 45+45=90 год.</b>							<b>100</b>

## **5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ**

### ***Підсумковий модульний контроль 1***

1. Методологічні основи системного аналізу.
2. Поняття системного аналізу.
3. Поняття системи.
4. Добре структуровані проблеми та методи їх вирішення.
5. Слабо структуровані проблеми та методи вирішення.
6. Неструктуровані проблеми та методи їх вирішення.
7. Що називається моніторингом навколишнього середовища.
8. Основні етапи системного аналізу.



9. Що називається математичною моделлю?
10. Що таке математичне моделювання?
11. Що називається спостереженням?
12. Що називається часовим рядом спостережуваних даних?
13. Сформулюйте основні види часових рядів.
14. Наведіть структуру часового ряду.
15. Наведіть основні етапи попереднього аналізу спостережуваних даних.
16. Що називається аномальним значенням ряду?
17. Сформулюйте причини виникнення аномальних значень у спостережуваних даних.
18. Яким чином здійснюється перевірка нормальності значень спостережуваних даних?
19. У якому випадку значення ряду вважається аномальним?
20. Способи коригування аномальних значень спостережуваних даних.
21. Сформулюйте поняття тренду (тенденції) у спостережуваних даних.
22. Сформулюйте поняття сезонних коливань спостережуваних даних.
23. В чому полягає різниця між циклічними та сезонними коливаннями в спостережуваних даних?
24. За якими критеріями перевіряється наявність тенденції у часовому ряді?
25. Наведіть основні етапи використання критерію серій.
26. Що розуміється під серією?
27. Яким чином за критерієм висхідних та спадних серій будується послідовність плюсів та мінусів?
28. Наведіть основні етапи використання критерію, заснованого на порівнянні середніх рівня ряду.
29. Розкрийте сутність методу Форстера-Стюарта.
30. В чому полягають переваги методу Форстера-Стюарта в порівнянні з іншими критеріями перевірки наявності тенденції у часовому ряді?
31. За яких умов використовується критерій послідовних різниць?
32. Розкрийте поняття екстраполяції.
33. Розкрийте поняття та наведіть основні види простої прогнозної екстраполяції даних.
34. В чому полягає екстраполяція середнього? Наведіть етапи реалізації методу.
35. Як за методом екстраполяції середнього побудувати прогноз на наступні 5 років?
36. У яких випадках застосовується екстраполяція середнього?
37. Яким чином розраховується помилка прогнозів за методом екстраполяції середнього?
38. В чому полягає екстраполяція тренду? Наведіть етапи реалізації методу.
39. Наведіть сутність та етапи використання методу найменших квадратів.
40. Яким чином проводиться вибір найкращого виду апроксимуючої кривої за методом найменших квадратів?
41. Що розуміється під адаптивними методами?
42. Для чого проводиться згладжування спостережуваних даних?
43. Наведіть вигляд та охарактеризуйте адитивну модель ряду

спостережуваних даних.

44. Яким чином за вихідними даними спостереження обирається адитивна модель ряду?
45. Наведіть вигляд та охарактеризуйте мультиплікативну модель ряду спостережуваних даних.
46. Яким чином за вихідними даними спостереження обирається мультиплікативна модель ряду?
47. Наведіть та стисло охарактеризуйте етапи реалізації методу ковзної середньої.
48. В чому полягає відмінність методу ковзної середньої за використанням адитивної та мультиплікативної моделей ряду спостережуваних даних?
49. Як знаходяться скоригована оцінка сезонної компоненти?
50. Яким чином і з якою метою здійснюється усунування сезонності із спостережуваних даних?
51. Як розраховується сезонна компонента часового ряду за методом ковзної середньої?
52. Яким чином оцінюється точність моделі за методом ковзної середньої при використанні адитивної моделі ряду?
53. Яким чином оцінюється точність моделі за методом ковзної середньої при використанні мультиплікативної моделі ряду?
54. Чи може бути використаний метод ковзної середньої для моделювання циклічної складової ряду?
55. В чому полягає сутність методу експоненціального згладжування?
56. Розкрийте сутність процесу адаптації моделі до вихідних даних за методом експоненціального згладжування.
57. В чому полягають основні переваги методу експоненціального згладжування порівняно із методом ковзної середньої?
58. Наведіть етапи реалізації методу експоненціального згладжування спостережуваних даних.
59. В чому спостерігаються складнощі із застосування експоненціального згладжування спостережуваних даних?
60. Яким чином обчислюється параметр згладжування в методі експоненціального згладжування?

### ***Підсумковий модульний контроль 2***

1. З якою метою в математичному моделюванні застосовуються методи експертного оцінювання?
2. Проблеми експертного оцінювання.
3. Поняття експертизи.
4. Види експертиз.
5. Загальні методи експертного оцінювання.
6. Яким чином можна перевірити значимість інформації, отриманої від експертів?
7. Як розраховується сумарний (результуючий) ранг?
8. Як визначається вага факторів (цілей), визначених експертами?
9. Методи експертного оцінювання для розв'язання задач прийняття рішень.

10. Поняття про ранжирування.
11. Основні види ранжирувань.
12. Що таке ранг? Як його визначають?
13. Як визначається стандартизований ранг?
14. Що таке ранжируваний ряд?
15. Які існують способи побудови ранжируваного ряду?
16. Яким методом можна побудувати результуюче ранжирування?
17. Сутність, особливості та умови використання методу безпосереднього ранжирування.
18. У чому полягають недоліки методу безпосереднього ранжирування? Які існують способи їх усунення?
19. Методологія експертного оцінювання за методом безпосереднього ранжирування.
20. Визначення узгодженості суджень експертів за методом безпосереднього ранжирування.
21. Сутність, особливості та умови використання методу парних порівнянь.
22. Методологія експертного оцінювання за методом парних порівнянь.
23. Як знайти результуюче ранжирування методом парних порівнянь?
24. Визначення узгодженості суджень експертів.
25. Які вимоги висуваються при побудові матриці суджень експертів?
26. У чому полягає правило транзитивності?
27. Як будується контрастна матриця?
28. Як будується матриця середніх переваг?
29. Які вам відомі правила обчислення рангів в матриці  $Q$ ?
30. Що таке коефіцієнт конкордації і які його границі змінення?
31. Для чого вводиться поріг переваг  $\delta$ ?
32. Наведіть та охарактеризуйте основні поняття теорії статистичних рішень.
33. Що називається грою з природою?
34. Сформулюйте основне призначення ТПР.
35. У чому полягає відмінна риса прийняття рішення в грі з «природою»?
36. Що таке величина ризику в грі з природою?
37. Матриця рішень. Правила побудови.
38. Сформулюйте поняття оціночної функції.
39. Наведіть та охарактеризуйте основні види оціночних функцій.
40. Класичні критерії прийняття рішень.
41. Похідні критерії прийняття рішень.
42. Розширені критерії прийняття рішень.
43. Сформулюйте основні етапи використання критерію Вальда (мінімаксу).
44. В чому полягає критерій Байєса-Лапласа?
45. Розкрийте послідовність проведення дослідження за критерієм Севіджа.
46. В чому полягає критерій Ходжа-Лемана?
47. Що таке коефіцієнт песимізму в критерії Гурвіца?
48. Опишіть критерій Гурвіца.
49. Який з критеріїв прийняття рішень орієнтований тільки на матрицю із додатними коефіцієнтами?

50. Який з критеріїв прийняття рішень орієнтований тільки на матрицю із від'ємними коефіцієнтами?
51. Опишіть критерій Гермейєра.
52. Що визначає ваговий множник с критерію Гурвіца?
53. Запишіть правило вибору, що відповідає критерію Ходжа–Лемана (HL).
54. З яким критерієм становиться ідентичним критерій Гермейєра у випадку рівномірного розподілу ймовірностей станів середі?
55. Що визначає ваговий множник критерію Ходжа–Лемана (HL)?
56. Що таке опорне значення в критерії BL (MM)?
57. Опишіть застосування критерію BL (MM).
58. Опишіть застосування критерію BL(S).
59. Опишіть критерій добутків.
60. Що визначає рівень допустимого ризику в критерії BL (MM)?

## **6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Базова**

1. Павленко П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів : навч. посіб. Київ : НАУ, 2014. 274 с.
2. Федоров М. В., Хренов О. М. Інформатика і основи системного аналізу : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 62 с.
3. Леонтьєва В. В., Кондрат'єва Н. О. Математичне моделювання виробничих процесів : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 120 с.
4. Бідюк П. І., Гожий О. П. Ймовірно-статистичні методи моделювання і прогнозування. Миколаїв : Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2014. 440 с.
5. Пономаренко В. С., Павленко Л. А., Беседовський О. М. та ін. Методи та системи підтримки прийняття рішень в управлінні еколого-економічними процесами підприємств : навч. посіб. Харків : Вид. ХНЕУ, 2012. 272 с.

### **Допоміжна**

1. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навч. посіб. для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
2. Бідюк П. І., Романенко В. Д., Тимошук О. Л. Аналіз часових рядів : підручник. Київ : ВПК «Політехніка», 2013. 599 с.
3. Бутко М. П. та ін. Теорія прийняття рішень: підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2018. 360 с.
4. Василевич Д. Ф., Юртин І. І. Прийняття рішень за умов конфлікту та невизначеності. Київ : Київський ун-т ім. Б. Грінченка, 2013. 128 с.
5. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. Теорія прийняття рішень: навч. посіб. Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. 304 с.

6. Данильченко О. М., Данильченко А. О. Інтелектуальний аналіз даних : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2009. 405 с.
7. Дмитрієнко В. Д., Кравець В. О., Леонов С. Ю. Вступ до теорії і методи прийняття рішень : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2010. 139 с.
8. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. Основи системного аналізу : підручник. Київ : ВНУ, 2007. 543 с.
9. Панкратова Н. Д., Малафєєва Л. І. Метод Делфі. Методологія та застосування. Київ : Наук. думка. 2017. 248 с.
10. Панкратова Н. Д., Савченко І. О. Морфологічний аналіз. Проблеми, теорія, застосування. Київ : Наук. думка. 2015. 347 с.
11. Петруня Ю. Є. та ін. Прийняття управлінських рішень : навч. посіб. Дніпропетровськ : Університет митної справи та фінансів, 2015. 209 с.
12. Ситник В. Ф., Краснюк М. Т. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг): навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2007. 376 с.
13. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми : навч. посіб. Київ : Маклаут, 2008. 364 с.
14. Юрченко М. Є Прогнозування та аналіз часових рядів: методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 88 с.
15. Dennis A., Wixom B. H., Roth R. M. Systems analysis and design. New York : John Wiley & Sons. 2019. 594 p.
16. Zgurovsky M. Z., Pankratova N. D. System analysis : Theory and Applications. Berlin : Springer. 2007. 475 p.

## 7 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ. <https://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=2557>.
2. Наукова бібліотека ТДАТУ. <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>.
3. Сайт кафедри ВМ. <http://tsatu.edu.ua/vmf>.
4. Електронні ресурси з математики. *Бібліотека TWIRPX*. URL : [https://www.twirpx.com/files/#files\\_mathematics](https://www.twirpx.com/files/#files_mathematics).
5. Наукові ресурси. *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539>.
6. Mathematics. *UMass Boston Open Courseware*. URL : <http://ocw.umb.edu/mathematics.html>.
7. Science, Maths & Technology. *Learning Space. The Open University*. URL : <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology>.
8. Maths Resources Index. *The Economics Network*. URL : <https://www.economicsnetwork.ac.uk/subjects/mathsforscientists>.