

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан математичного факультету

_____ С.І. Гоменюк
(підпис) (ініціали та прізвище)
«_____» _____ 2023 р.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КЕРОВАНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 113 – «Прикладна математика»,
освітньо-професійна програма «Прикладна математика»

Укладач Леонтєва В.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри фундаментальної та прикладної математики.

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри фундаментальної
та прикладної математики

Протокол № 1 від 02 вересня 2022 р.

Завідувач кафедри

_____ С.М. Гребенюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
математичного факультету

Протокол № 1 від 02 вересня 2022 р.

Голова науково-методичної ради
математичного факультету

_____ О.С. Пшенична
(підпис) (ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

_____ О.В. Лещинська
(підпис) (ініціали, прізвище)

2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

| 1 | 2 | 3 | |
|--|---|--|--|
| Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти | Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі | Характеристика навчальної дисципліни | |
| | | очна (денна) форма здобуття освіти | заочна (дистанційна) форма здобуття освіти |
| Галузь знань 11 – «Математика та статистика» | Кількість кредитів – 4 | Обов'язкова | |
| | | Цикл професійної підготовки | |
| Спеціальність: 113 – «Прикладна математика» | Загальна кількість годин – 120 | Семестр: | |
| | | 8-й | 8-й |
| Освітньо-професійна програма «Прикладна математика» | Змістових модулів – 6 | Лекції | |
| | | 14 год. | 4 год. |
| Рівень вищої освіти: бакалаврський | Кількість поточних контрольних заходів – 20 | Лабораторні | |
| | | 22 год. | 4 год. |
| | | Самостійна робота | |
| | | 84 год. | 112 год. |
| | | Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен | |

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання керованих динамічних систем» є оволодіння системними знаннями з основ теорії моделювання, методології побудови фізичних, економіко-математичних, екологічних, біологічних і соціальних моделей для проведення системного аналізу відповідно фізичних, соціально-економічних систем, явищ та процесів на мікро- та макроекономічному рівнях та екологічних, біологічних і соціальних процесів і явищ; закріплення теоретичних знань шляхом формування практичних навичок в області побудови математичних моделей довільної фізичної природи.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Комп'ютерне моделювання керованих динамічних систем» є:

- ознайомлення студентів з поняттям процесу математичного моделювання;
- формування твердих навичок і умінь з побудови математичних моделей керованих об'єктів та явищ довільної природи, заснованих на фундаментальних законах природи;
- набуття стійких знань з використання способів математичного опису статичної і динамічної процесів у керованих об'єктах та явищах довільної природи;
- набуття вмінь та практичних навичок з використання основних критеріїв оцінки адекватності, якості й точності математичних моделей;
- оволодіння методикою застосування варіаційних принципів, ієрархічних, нелінійних моделей, моделей керованих динамічних об'єктів, що важко формалізуються.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

| Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності | Методи і контрольні заходи |
|---|--|
| 1 | 2 |
| Результати навчання | |
| Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, теорію функцій багатьох змінних, теорію рядів, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію ймовірностей та математичну статистику в обсязі, необхідному для розробки способів захисту від несанкціонованого доступу до інформації. | Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії та дебати, виконання лабораторних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Застосовувати знання фундаментальних і природничих наук, системного аналізу та технологій моделювання, стандартних алгоритмів та дискретного аналізу при використанні методологічних, організаційних та наукових основ розробки засобів і систем збору та захисту інформації. | Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії, виконання лабораторних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Проводити системний аналіз об'єктів для забезпечення інформаційної безпеки процесів опрацювання, зберігання та поширення інформації в інформаційно-комунікаційних мережах з урахуванням сучасного стану та прогнозу розвитку методів, систем і засобів здійснення погроз з боку потенційних порушників. | Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, керовані дискусії та дебати, виконання лабораторних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Компетентності | |
| Здатність застосовувати знання у лабораторних ситуаціях. | Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, навчання на основі досвіду, пояснення, демонстрація, виконання лабораторних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Здатність до розуміння предметної області та професійної діяльності. | Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, виконання лабораторних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. | Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, виконання лабораторних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Здатність аналізувати об'єкт проектування або функціонування та його предметну область. | Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, навчання на основі досвіду, пояснення, демонстрація, виконання лабораторних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |

| 1 | 2 |
|--|---|
| Здатність застосовувати стандарти в області інформаційної безпеки процесів опрацювання, зберігання та поширення інформації в інформаційно-комунікаційних мережах з урахуванням сучасного стану та прогнозу розвитку методів, систем і засобів здійснення погроз з боку потенційних порушників. | Методи навчання: лекція, лекція з розбором конкретної ситуації, пояснення, демонстрація, виконання лабораторних робіт, аналіз Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |
| Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби аналізу якості систем захисту інформації й управління інформаційною безпекою. | Методи навчання: лекція, пояснення, демонстрація, навчання на основі досвіду, виконання лабораторних робіт, аналіз та синтез Контрольні заходи: виконання та захист лабораторних робіт, опитування, тестування. |

Міждисциплінарні зв'язки. Курс «Комп'ютерне моделювання керованих динамічних систем» застосовує досвід, отриманий здобувачами вищої освіти під час вивчення дисциплін «Диференціальні рівняння», «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Аналіз даних», «Математичний аналіз», «Чисельні методи», «Теорія та методи прийняття рішень», «Рівняння математичної фізики». Набуті при вивченні даного курсу знання та навички необхідні для подальшої професійної діяльності.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання.

Тема 1. Теоретичні основи моделювання.

Вступ. Основні категорії теорії моделювання. Класифікація видів подібності та моделювання.

Змістовий модуль 2. Математичне моделювання.

Тема 2. Математичне моделювання.

Вступ. Математичні моделі та основні заходи математичного моделювання. Використання законів природи. Використання варіаційних принципів. Застосування аналогій при побудові моделей. Застосування ієрархічного підходу до створення моделей. Про нелінійність математичних моделей. Висновки. Схема математичного моделювання.

Змістовий модуль 3. Застосування теорії подібності при побудові математичних моделей.

Тема 3. Застосування теорії подібності при побудові математичних моделей.

Знаходження критеріїв подібності явища за наявності його математичної моделі. Теореми подібності та їх застосування.

Змістовий модуль 4. Математичне моделювання за відсутності модельного диференціального рівняння.

Тема 4. Математичне моделювання за відсутності модельного диференціального рівняння.

Поняття розмірності. π -теорема. Методика знаходження критеріїв. Подібності за відсутності математичного описання об'єкта. Розрахункове моделювання за допомогою критеріїв подібності.

Змістовий модуль 5. Біологічні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів.

Тема 5. Біологічні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів.

Окремі біологічні моделі. Популяційні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів. Аналіз моделей та отримуваних результатів.

Змістовий модуль 6. Нелінійні моделі теплопровідності та фільтрації.

Тема 6. Нелінійні моделі теплопровідності та фільтрації.

Розповсюдження тепла при теплопровідності, що залежить від температури. Рівняння фільтрації.

4. Структура навчальної дисципліни

| Змістовий модуль | Усього годин | Аудиторні (контактні) години | | | | | | Самостійна робота, год | | Система накопичення балів | | |
|---|--------------|------------------------------|------------|-----------------------|-----------|-------------------------|-----------|------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------|
| | | Усього годин | | Лекційні заняття, год | | Лабораторні роботи, год | | о/д ф. | з/дист ф. | Теор. зав-ня, к-ть балів | Лабор. роботи, к-ть балів | Усього балів |
| | | | | о/д ф. | з/дист ф. | о/д ф. | з/дист ф. | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | о/дф. | з/дист. ф. | | | | | | | | | |
| 1 | 13 | 4 | 1 | 2 | 0,5 | 2 | 0,5 | 9 | 12 | 4 | 4 | 8 |
| 2 | 15 | 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 9 | 14 | 4 | 4 | 8 |
| 3 | 15 | 6 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 | 9 | 14 | 7 | 7 | 14 |
| 4 | 15 | 6 | 1 | 2 | 0,5 | 4 | 0,5 | 9 | 14 | 4 | 4 | 8 |
| 5 | 15 | 6 | 1 | 2 | 0,5 | 4 | 0,5 | 9 | 14 | 4 | 4 | 8 |
| 6 | 17 | 8 | 1 | 4 | 0,5 | 4 | 0,5 | 9 | 14 | 7 | 7 | 14 |
| Усього за змістові модулі | 90 | 36 | 8 | 14 | 4 | 22 | 4 | 54 | 82 | 30 | 30 | 60 |
| Підсумковий семестровий контроль <i>іспит</i> | 30 | | | | | | | 30 | 30 | 20 | 20 | 40 |
| Загалом | | 120 | | | | | | | | 100 | | |

5. Темі лекційних занять

| № змістового модуля | Назва теми | Кількість годин | |
|---------------------|--|-----------------|-----------|
| | | о/д ф. | з/дист ф. |
| 1 | Теоретичні основи моделювання. | 2 | 0,5 |
| 2 | Математичне моделювання. | 2 | 1 |
| 3 | Застосування теорії подібності при побудові математичних моделей. | 2 | 1 |
| 4 | Математичне моделювання за відсутності модельного диференціального рівняння. | 2 | 0,5 |
| 5 | Біологічні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів. | 2 | 0,5 |
| 6 | Нелінійні моделі теплопровідності та фільтрації. | 4 | 0,5 |
| | Всього | 14 | 4 |

6. Темі лабораторних робіт

| № змістового модуля | Назва теми | Кількість годин | |
|---------------------|---|-----------------|-----------|
| | | о/д ф. | з/дист ф. |
| 1 | Теоретичні основи моделювання. | 2 | 0,5 |
| 2 | Математичне моделювання. | 4 | 1 |
| 3 | Застосування теорії подібності при побудові математичних моделей. | 4 | 1 |

| | | | |
|---|--|----|-----|
| 4 | Математичне моделювання за відсутності модельного диференціального рівняння. | 4 | 0,5 |
| 5 | Біологічні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів. | 4 | 0,5 |
| 6 | Нелінійні моделі теплопровідності та фільтрації. | 4 | 0,5 |
| | Всього | 22 | 4 |

7. Самостійна робота

| № змістового модуля | Назва теми | Кількість годин | |
|---------------------|--|-----------------|-----------|
| | | о/д ф. | з/дист ф. |
| 1 | Теоретичні основи моделювання. | 9 | 12 |
| 2 | Математичне моделювання. | 9 | 14 |
| 3 | Застосування теорії подібності при побудові математичних моделей. | 9 | 14 |
| 4 | Математичне моделювання за відсутності модельного диференціального рівняння. | 9 | 14 |
| 5 | Біологічні моделі. Моделі деяких фінансових і страхових процесів. | 9 | 14 |
| 6 | Нелінійні моделі теплопровідності та фільтрації. | 9 | 14 |
| | Всього | 54 | 82 |

8. Види і зміст поточних контрольних заходів

| № змістового модуля | Вид поточного контрольного заходу | Зміст поточного контрольного заходу | Критерії оцінювання | Усього балів |
|--------------------------------------|--|---|---|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №1 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №1 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №1 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| Усього за ЗМ 1 контр. заходів | 3 | | | 8 |
| 2 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №2 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №2 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №2 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| Усього за ЗМ 2 контр. заходів | 3 | | | 8 |
| 3 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №3 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №3 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №3 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| | Контрольна робота №1 | Контрольна робота у формі тестування проводиться на платформі MoodleZNU. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни за 3 змістовних модуля. Максимальна кількість балів за тест становить 6 балів. | Тестове завдання | 6 |
| Усього за ЗМ 3 контр. заходів | 4 | | | 14 |
| 4 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №4 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--|---|---|-----------|
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №4 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №4 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| Усього за ЗМ 4 контр. заходів | 3 | | | 8 |
| 5 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №5 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №5 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №5 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| Усього за ЗМ 5 контр. заходів | 3 | | | 8 |
| 6 | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи №6 | Питання для підготовки викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Теоретичне опитування при захисті лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання лабораторної роботи №6 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до лабораторних занять у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання лабораторної роботи | 2 |
| | Звіт про виконання самостійної роботи №6 | Завдання для виконання викладено у методичних рекомендаціях до виконання самостійних робіт у нульовій секції курсу у системі MoodleZNU | Звіт про виконання самостійної роботи | 4 |
| | Контрольна робота №2 | Контрольна робота у формі тестування проводиться на платформі MoodleZNU. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни за 3 змістовних модуля. Максимальна кількість балів за тест становить 6 балів. | Тестове завдання | 6 |
| Усього за ЗМ 6 контр. заходів | 4 | | | 14 |
| Усього за змістові модулі контр. заходів | 20 | | | 60 |

Примітка: До кожної лабораторної роботи потрібно скласти **звіт про її виконання**, який пояснює всі етапи виконання роботи. Звіт складається в електронному вигляді за вимогами, які висуваються до оформлення курсових і кваліфікаційних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти магістра математичного факультету і розміщуються на платформі MoodleZNU. Якість оформлення звіту враховується при оцінюванні роботи. У випадку, коли завдання включає розробку алгоритму та написання програмного коду, у звіт додаються алгоритм, програмний код для кожного завдання та вихідні файли розробленої програми. **Захист кожної лабораторної роботи** є обов'язковим і потребує пояснення всіх етапів розв'язання завдання.

9. Підсумковий семестровий контроль

| Форма | Види підсумкових контрольних заходів | Зміст підсумкового контрольного заходу | Критерії оцінювання | Усього балів |
|---|--------------------------------------|--|--|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| екзамен | Теоретичне завдання в MoodleZNU | Тестові завдання з тем курсу. Питання для підготовки викладено секції курсу «Підсумковий контроль» у системі MoodleZNU. | Підсумкове теоретичне завдання у формі тестування проводиться на платформі Moodle. Разом усі питання охоплюють увесь матеріал дисципліни. Максимальна кількість балів за підсумковий тест становить 20 балів. | 20 |
| | Практичне завдання в MoodleZNU | Змістовна форма практичного завдання відповідає завданням у лабораторних роботах, розв'язуваних протягом семестру. | Підсумкове практичне завдання у формі Завдання (розв'язання задач з наданням повної відповіді) проводиться на платформі Moodle. Максимальна кількість балів за підсумкове практичне завдання становить 20 балів. | 20 |
| Усього за підсумковий семестровий контроль | | | | 40 |

10. Рекомендована література

Основна:

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. Леонтєва 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.

Додаткова:

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 «ХПІ», 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.

Інформаційні ресурси

1. Електронні ресурси з математики. *Бібліотека TWIRPX*. URL : https://www.twirpx.com/files/#files_mathematics.
2. Електронні ресурси з інформатики та обчислювальної техніки. *Бібліотека TWIRPX*. URL : https://www.twirpx.com/files/#files_informatics.
3. Наукові ресурси. *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського*. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539>.
4. Mathematics. *UMass Boston Open Courseware*. URL : <http://ocw.umb.edu/mathematics.html>.
5. Science, Maths & Technology. *Learning Space. The Open University*. URL : <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology>.
6. Maths Resources Index. *The Economics Network*. URL : <https://www.economicsnetwork.ac.uk/subjects/mathsforscientists>.
7. Maplesoft Media Releases. *Mathematics-based software & services for education, engineering, and research*. URL : <https://www.maplesoft.com/company/news/releases/2021/2021-03-10-maple-2021-provides-even-more-tools-to-help-students-learn-math.aspx>.