

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра інформаційних технологій

Введено в дію наказом ректора

Міжнародного гуманітарного

університету від 30.

Ректор

К.В. Громовенко



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Галузь знань	<u>12 «Інформаційні технології»</u>
Спеціальність	<u>125 «Кібербезпека та захист інформації»</u>
Назва освітньої програми	<u>Кібербезпека</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський) рівень</u>

Одеса - 2024 рік

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри інформаційних технологій протокол № 1 від 28.08 2024 року.

Розробники і викладачі	Контактний телефон	E-mail
професор кафедри інформаційних технологій, д.т.н., професор Стрелковська Ірина Вікторівна	067-487-76-38	i.strelkovskaya@mgu.edu.ua

Завідувач кафедри інформаційних
технологій к.т.н., доцент

 Тетяна ГРИГОР'ЄВА

Гарант освітньої програми
к.т.н., доцент

 Лариса ЙОНА

Узгоджено
Начальник навчального відділу

 Лариса РАЙЧЕВА

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 6 Загальна кількість годин – 180	Галузь - 12 «Інформаційні технології» Спеціальність – 125 «Кібербезпека»	обов'язкова
		Рік підготовки:
		1-й
		Семестр
		1-й
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – другий (магістерський) рівень	Лекції
		28 год./8 год.
		Практичні, семінарські
		28 год./8 год.
		Лабораторні
		-
		Самостійна робота та індивідуальні завдання
		124 год./164
		Вид контролю:
		екзамен

Дисципліна «Математичні методи в наукових дослідженнях» надає змогу здобувачам другого ступеня вищої освіти оволодіти спеціальними професійними інформативно-комунікативними компетентностями, пов'язаними з використанням математичних методів, моделей та інформаційних технологій у рамках виконання їх самостійного дослідження та у подальшій науково-дослідницькій діяльності.

Метою викладення дисципліни «Математичні методи в наукових дослідженнях» є формування компетентності щодо побудови, дослідження, аналізу та чисельної реалізації математичних моделей з подальшим використанням отриманого розв'язку для підвищення ефективності функціонування систем, що досліджуються.

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Математичні методи в наукових дослідженнях» формуються наступні компетентності із передбачених освітньою програмою:

Інтегральна компетентність

ІК Здатність особи розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері інформаційної безпеки та/або кібербезпеки.

Загальні компетентності (КЗ)

КЗ-1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

КЗ-2. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

КЗ-3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

КЗ-4. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

КЗ-5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань / видів економічної діяльності).

Фахові компетентності

КФ1. Здатність обґрунтовано застосовувати, інтегрувати, розробляти та удосконалювати сучасні інформаційні технології, фізичні та математичні моделі, а також технології створення та

використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення для вирішення професійних задач у сфері інформаційної безпеки та/або кібербезпеки.

КФ5. Здатність до дослідження, системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів з метою визначення вразливостей інформаційних систем та ресурсів, аналізу ризиків та визначення оцінки їх впливу у відповідності до встановленої стратегії і політики інформаційної безпеки та/або кібербезпеки організації.

КФ8. Здатність досліджувати, розробляти, впроваджувати та супроводжувати методи і засоби криптографічного та технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності та критичної інфраструктури, в інформаційних системах, а також здатність оцінювати ефективність їх використання, згідно встановленої стратегії і політики інформаційної безпеки та/або кібербезпеки організації.

Навчальна дисципліна «Математичні методи в наукових дослідженнях» забезпечує досягнення програмних результатів навчання (РН), передбачених освітньою програмою:

РН2. Інтегрувати фундаментальні та спеціальні знання для розв'язування складних задач інформаційної безпеки та/або кібербезпеки у широких або мультидисциплінарних контекстах.

РН3. Проводити дослідницьку та/або інноваційну діяльність в сфері інформаційної безпеки та/або кібербезпеки, а також в сфері технічного та криптографічного захисту інформації у кіберпросторі.

РН4. Застосовувати, інтегрувати, розробляти, впроваджувати та удосконалювати сучасні інформаційні технології, фізичні та математичні методи і моделі в сфері інформаційної безпеки та/або кібербезпеки.

РН5. Критично осмислювати проблеми інформаційної безпеки та/або кібербезпеки, у тому числі на міжгалузевому та міждисциплінарному рівні, зокрема на основі розуміння нових результатів інженерних і фізико-математичних наук, а також розвитку технологій створення та використання спеціалізованого програмного забезпечення.

РН6. Аналізувати та оцінювати захищеність систем, комплексів та засобів кіберзахисту, технології створення та використання спеціалізованого програмного забезпечення.

РН10. Забезпечувати безперервність бізнес/операційних процесів, а також виявляти уразливості інформаційних систем та ресурсів, аналізувати та оцінювати ризики для інформаційної безпеки та/або кібербезпеки організації.

РН19. Обирати, аналізувати і розробляти придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи кіберзахисту, розробляти, реалізовувати та супроводжувати проекти з захисту інформації у кіберпросторі, інноваційної діяльності та захисту інтелектуальної власності.

РН20. Ставити та вирішувати складні інженерно-прикладні та наукові задачі інформаційної безпеки та/або кібербезпеки з урахуванням вимог вітчизняних та світових стандартів та кращих практик.

РН22. Планувати та виконувати експериментальні і теоретичні дослідження, висувати і перевіряти гіпотези, обирати для цього придатні методи та інструменти, здійснювати статистичну обробку даних, оцінювати достовірність результатів досліджень, аргументувати висновки.

Заплановані результати навчання за навчальною дисципліною

Знання:

- основні етапи проведення наукових досліджень;
- вимоги по оформленню результатів наукових досліджень;
- методи наукового дослідження;
- методи моделювання; математичне моделювання;
- аналіз та синтез в процедурах моделювання;
- характеристики випадкових процесів;
- основні методи лінійної алгебри і тензорного числення, їх використання;
- теоретичні особливості чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач;
- чисельні методи наближення функцій; методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій;
- методи чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь.

Уміння:

- виконувати інформаційний пошук, накопичування та обробляти наукову інформацію;
- застосовувати на практиці сучасні прийоми та методи наукових досліджень;
- знаходити точний або наближений розв'язок математичної задачі;
- досліджувати нестандартні задачі класифікації, аналізу складних систем процесів;
- використовувати математичні методи у наукових дослідженнях;
- написати наукову статтю, тези доповідей конференції, науковий звіт.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Методи математичного моделювання в наукових дослідженнях.

Завдання етапів дослідження об'єкту при моделюванні. Задачі аналізу об'єкту. Синтез і аналіз моделі. Задачі причинно-наслідкового аналізу. Методи моделювання. Аналітичне моделювання. Імітаційне моделювання. Математичне моделювання.

Тема 2. Випадкові процеси.

Закони розподілу випадкових процесів. Характеристики випадкових процесів. Математичне сподівання, дисперсія і кореляційна функція випадкового процесу. Нормована кореляційна функція випадкового процесу. Взаємна кореляційна функція двох стохастичних процесів. Перетворення випадкових процесів. Додавання, диференціювання та інтегрування стохастичних процесів.

Тема 3. Методи інтерполяції.

Методи локальної і глобальної інтерполяції. Інтерполяційні поліноми Ньютона, Лагранжа. Метод найменших квадратів. Сплайн та вейвлет– інтерполяція.

Тема 4. Чисельні методи наближення функцій.

Класифікація методів апроксимації експериментальних даних та побудова моделей. Методи апроксимації функцій. Рівномірне наближення. Поліноміальна апроксимація. Кусково-лінійна апроксимація. Дробово-раціональна апроксимація. Чисельне диференціювання і чисельне інтегрування. Чисельні методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 5. Кільце многочленів.

Кільця і поля. Кільце многочленів. Кратні корені многочлена. Незвідні многочлени над полями комплексних та дійсних чисел. Поле раціональних дробів.

Тема 6. Лінійні простори та лінійні оператори.

Лінійний простір. Лінійні многовиди. Афінний простір. Евклідов простір. Лінійні відображення. Лінійний оператор і його матриця. Ядро та образ лінійного оператора. Власні значення та власні вектори лінійного оператора. Квадратичні форми. Приведення квадратичної форми до канонічного вигляду.

Тема 7. Векторні і тензорні поля.

Векторний простір, його розмірність і базис. Перетворення компонент вектора при повороті і при інверсії декартової системи координат. Взаємні базиси. Контраваріантні і коваріантні компоненти. Тензори. Закон перетворення компонент тензора. Метричний тензор. Операції з тензорами. Приведення тензора до діагонального виду.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						
	денна форма			Заочна форма			
	усього	у тому числі					
		ле кц.	пр акт	сам. роб.	ле кц	пра кт	сам. роб.
Тема 1. Методи математичного моделювання в наукових дослідженнях.	16	4	4	8	2		14
Тема 2. Випадкові процеси.	34	4	4	26	2	2	30
Тема 3. Методи інтерполяції.	26	4	4	18		2	24
Тема 4. Чисельні методи наближення функцій.	26	4	4	18	2		24
Тема 5. Кільце многочленів.	26	4	4	18		2	24
Тема 6. Лінійні простори та лінійні оператори.	26	4	4	18		2	24
Тема 7. Векторні і тензорні поля.	26	4	4	18	2		24
Усього годин	180	28	28	124	8	8	164
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ - ЕКЗАМЕН							

5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		ДФ	ЗФ
1	Тема 1. Методи математичного моделювання в наукових дослідженнях. Етапи і методи наукового дослідження. Визначення поняття моделі. Процес моделювання. Етапи аналізу та синтезу в процедурах моделювання. Моделювання процесів функціонування окремих підсистем і модулів. Процеси, етапи та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення на основі застосування сучасних моделей, методів та технологій розроблення програмного забезпечення. Методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу. Моделі інформаційних процесів у прикладній області. Питання аналізу захищеності систем, комплексів та засобів кіберзахисту, технології створення та використання спеціалізованого програмного	4	

	забезпечення. Оцінка рівня захищеності інформаційних систем та мереж. Технології та інструменти кіберзахисту. Створення та використання спеціалізованого програмного забезпечення для кіберзахисту. Методології активного та пасивного захисту інформаційних систем.		
2	Тема 2. Випадкові процеси. Елементарні випадкові функції. Криві реалізацій випадкової функції. Математичне сподівання випадкового процесу. Дисперсія випадкового процесу. Кореляційна функція випадкового процесу. Нормована кореляційна функція випадкового процесу. Взаємна кореляційна функція двох стохастичних процесів. Нормована взаємна кореляційна функція двох стохастичних процесів. Додавання стохастичних процесів. Диференціювання стохастичного процесу. Інтегрування стохастичного процесу. Процеси Пуассона для моделювання кіберінцидентів. Марковські ланцюги для прогнозування розвитку атак. Часові ряди для аналізу тенденцій атак. Стаціонарні та нестаціонарні процеси для динамічного моніторингу.	4	2
3	Тема 3. Методи інтерполяції. Методи локальної інтерполяції. Локальна кусково-постійна інтерполяція. Локальна кусково-лінійна інтерполяція. Локальна кусково-квадратична інтерполяція. Методи глобальної інтерполяції. Інтерполяція степеневим багаточленом (поліномом) у канонічній формі. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Багатоінтервальна інтерполяція. Лінійна багатоінтервальна інтерполяція. Квадратична багатоінтервальна інтерполяція. Сплайн-інтерполяція функцій. Лінійний сплайн. Квадратичний сплайн. Кубічний сплайн. Застосування методу інтерполяції для аналізу історичних даних про кіберзагрози.	4	2
4	Тема 4. Чисельні методи наближення функцій. Основні методи апроксимації експериментальних даних. Середньоквадратичне наближення. Метод найменших квадратів. Лінійна апроксимація. Квадратична апроксимація. Логарифмічна апроксимація. Експоненціальна апроксимація. Степенева апроксимація. Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій, Симпсона. Чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь і їх систем. Метод Ейлера розв'язання диференційного рівняння першого порядку. Модифікований метод Ейлера розв'язання диференційного рівняння першого порядку. Методи Рунге–Кутта розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Метод кінцевих різниць розв'язання задачі коші для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку. Аналіз кіберзагроз за допомогою поліноміальної апроксимації. Аналіз і прогнозування нових кіберзагроз чисельними методами.	4	
5	Тема 5. Кільце многочленів. Алгебраїчні структури. Групи. Кільця і поля. Кільце многочленів. Теорема про ділення з остачею в кільці многочленів. Кратні корені многочлена. Незвідні многочлени над полями комплексних та дійсних чисел. Теорема про розклад многочлена над полем P у добуток незвідних над полем P многочленів. Поле раціональних дробів. Теорема про розклад раціонального дробу в суму многочлена і правильного раціонального дробу.	4	2
6	Тема 6. Лінійні простори та лінійні оператори. Лінійний простір. Лінійні многовиди. Лінійний оператор. Ядро та образ	4	2

	лінійного оператора. Власні значення та власні вектори лінійного оператора. Квадратичні форми. Приведення квадратичної форми до канонічного вигляду.		
7	Тема 7. Векторні і тензорні поля. Векторний простір, його розмірність і базис. Перетворення компонент вектора при повороті і при інверсії декартової системи координат. Взаємні базиси. Контраваріантні і коваріантні компоненти. Перетворення компонентів тензора. Метричний тензор. Піднімання та опускання (перекидання) індексів. Операції з тензорами. Власні вектори та власні (головні) значення довільного тензора другого рангу. Приведення тензора до діагонального виду. Наукові та прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення. Проектування архітектури програмного забезпечення.	4	
	Всього	28	8

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка до підсумкового контролю.

Тематика та питання до самостійної підготовки та індивідуальних завдань

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Тема 1. Методи математичного моделювання в наукових дослідженнях. Етапи дослідження об'єкту при моделюванні. Синтез і аналіз моделі. Причинно-наслідковий аналіз.	8	14
2	Тема 2. Випадкові процеси. Класифікація випадкових процесів. Характеристики випадкових процесів. Додавання стохастичних процесів. Диференціювання стохастичного процесу. Інтегрування стохастичного процесу. Стаціонарні та нестаціонарні випадкові процеси.	26	30
3	Тема 3. Методи інтерполяції. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона.	18	24

	Багатоінтервальна інтерполяція. Сплайн та вейвлет– інтерполяція.		
4	Тема 4. Чисельні методи наближення функцій. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів. Степенева апроксимація. Дослідження апроксимації функцій різного виду. Метод Ейлера числового розв’язання задач Коші для звичайних диференціальних рівнянь і систем звичайних диференціальних рівнянь.	18	24
5	Тема 5. Кільце многочленів. Кільця і поля. Кільце многочленів. Поле раціональних дробів. Теорема про розклад раціонального дробу в суму многочлена і правильного раціонального дробу.	18	24
6	Тема 6. Лінійні простори та лінійні оператори. Лінійний простір. Лінійні многовиди. Афінний простір. Евклідов простір. Лінійні відображення. Лінійний оператор. Ядро та образ лінійного оператора. Власні значення та власні вектори лінійного оператора. Розклад многочлена в ряд. Формула Тейлора. Квадратичні форми. Дослідження кривих і поверхонь за допомогою теорії квадратичних форм.	18	24
7	Тема 7. Векторні і тензорні поля. Векторний простір. Контраваріантні і коваріантні компоненти. Перетворення компонентів тензора. Метричний тензор. Операції з тензорами. Власні вектори та власні (головні) значення довільного тензора другого рангу.	18	24
	Всього	124	164

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Робоча програма навчальної дисципліни передбачає наступні види та методи контролю:

Види контролю	Складові оцінювання
поточний контроль , який здійснюється у ході: проведення практичних занять, виконання індивідуального завдання; проведення консультацій та відпрацювань.	50%
підсумковий контроль , який здійснюється у ході проведення іспиту.	50%

Методи діагностики знань (контролю)	фронтальне опитування; наукова доповідь, усне повідомлення, індивідуальне опитування, робота у групах, розв’язання задач і практичних завдань, іспит
--	--

Питання до іспиту

1. Етапи і методи наукового дослідження.

2. Визначення поняття моделі. Процес моделювання. Етапи аналізу та синтезу в процедурах моделювання.
3. Методи моделювання. Аналітичне моделювання. Імітаційне моделювання. Математичне моделювання.
4. Випадкові процеси. Закони розподілу випадкових процесів.
5. Математичне сподівання випадкового процесу. Дисперсія випадкового процесу.
6. Кореляційна функція випадкового процесу. Властивості.
7. Нормована кореляційна функція випадкового процесу.
8. Взаємна кореляційна функція двох стохастичних процесів. Нормована взаємна кореляційна функція двох стохастичних процесів.
9. Перетворення випадкових процесів. Додавання, диференціювання та інтегрування стохастичних процесів.
10. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція.
11. Методи локальної інтерполяції. Локальна кусково-постійна інтерполяція. Локальна кусково-лінійна інтерполяція. Локальна кусково-квадратична інтерполяція.
12. Методи глобальної інтерполяції. Інтерполяція степеневим багаточленом (поліномом) у канонічній формі.
13. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона.
14. Багатоінтервальна інтерполяція. Лінійна багатоінтервальна інтерполяція. Квадратична багатоінтервальна інтерполяція.
15. Сплайн-інтерполяція функцій. Лінійний сплайн. Квадратичний сплайн. Кубічний сплайн.
16. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів. Лінійна апроксимація. Квадратична апроксимація. Степенева апроксимація.
17. Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій, Симпсона.
18. Чисельне розв'язання звичайних диференціальних рівнянь і їх систем. Метод Ейлера розв'язання диференціального рівняння першого порядку.
19. Модифікований метод Ейлера розв'язання диференціального рівняння першого порядку.
20. Методи Рунге–Кутта розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.
21. Метод кінцевих різниць розв'язання задачі Коші для лінійних диференціальних рівнянь другого порядку.
22. Кільце многочленів. Розклад многочлена над полем P у добуток незвідних над полем P многочленів.
23. Поле раціональних дробів. Теорема про розклад раціонального дробу в суму многочлена і правильного раціонального дробу.
24. Лінійний простір. Лінійні многовиди. Афінний простір. Евклідов простір.
25. Лінійні відображення. Лінійний оператор. Ядро та образ лінійного оператора.
26. Квадратичні форми. Приведення квадратичної форми до канонічного вигляду. Дослідження кривих і поверхонь за допомогою теорії квадратичних форм.
27. Векторний простір, його розмірність і базис.
28. Перетворення компонент векторів при повороті і при інверсії декартової системи координат. Взаємні базиси. Контраваріантні і коваріантні компоненти.
29. Тензори n -го рангу
30. Перетворення компонентів тензора. Метричний тензор. Піднімання й опускання (перекидання) індексів
31. Операції з тензорами
32. Власні вектори і власні значення тензора

8. КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

(для іспиту / заліку)

Рівень знань оцінюється:

- «відмінно» / «зараховано» А - від 90 до 100 балів. Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях,

під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

- «добре» / «зараховано» В - від 82 до 89 балів. Студент володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

- «добре» / «зараховано» С - від 74 до 81 балів. Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та активність у науково-дослідній роботі;

- «задовільно» / «зараховано» D - від 64 до 73 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи;

- «задовільно» / «зараховано» E - від 60 до 63 балів. Студент був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

- «незадовільно з можливістю повторного складання» / «не зараховано» FX – від 35 до 59 балів. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

- «незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» / «не зараховано» F – від 1 до 34 балів. Студент не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальною шкалою	Шкала за ECTS	За національною шкалою	
		екзамен	залік
90-100 (10-12)	A	Відмінно	зараховано
82-89 (8-9)	B	Добре	
74-81(6-7)	C		
64-73 (5)	D	Задовільно	
60-63 (4)	E		
35-59 (3)	Fx	незадовільно	не зараховано
1-34 (2)	F		

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Стрелковська І.В. Вища математика для фахівців в галузі зв'язку. Ч.5 / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ВМВ, 2018. – 508 с.
2. Стрелковська І.В. Диференціальні рівняння для фахівців в галузі ІТ-галузі / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ, 2018. – 188 с.
3. Стрелковська І.В. Теорія ймовірностей та випадкові процеси (для фахівців у галузі ІТ-технологій) / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ, 2018. – 384 с.
4. Стрелковська І.В. Математична статистика / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ОНАЗ, 2019. – 110 с.
5. Худа Ж.В. Конспект лекцій з дисципліни «Основи векторного і тензорного аналізу» – Кам'янське, ДДТУ, 2019. – 65 с.
6. Тензорний аналіз. Збірник задач [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» / П. О. Наказной; КПІ ім. Ігоря Сікорського. —

- Електронні текстові дані (1 файл: 225 кБ). — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 35 с.
7. Мішура Ю. С. М71 Випадкові процеси: теорія, статистика, застосування : підручник / Ю. С. Мішура, К. В. Ральченко, Г. М. Шевченко. — 2-ге вид., випр. і допов. — К. : ВПЦ "Київський університет", 2021. — 496 с.
 8. Крилик, Л. В. Обчислювальна математика. Інтерполяція та апроксимація табличних даних : навчальний посібник / Л. В. Крилик, І. В. Богач, М. О. Прокопова. — Вінниця : ВНТУ, 2013. — 111 с.
 9. Л.П.Вакал Апроксимація функцій багатьох змінних із застосуванням алгоритму диференціальної еволюції / Л.П. Вакал. // Математичні машини і системи. — 2017. — с. 90–96с.
 10. Довгий Б.П. Сплайн-функції та їх застосування / Б.П.Довгий, А.В.Ловейкін, Є.С.Вакал, Ю.С.Вакал. — К.:Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2016. — 117 с.
 11. Попов В.В. Методи обчислень: конспект лекцій для студентів механіко-математичного факультету / В.В. Попов. — Київ: ВПЦ “Київський університет”, 2012. — 303 с.
 12. Безущак О.О. Навчальний посібник з лінійної алгебри для студентів механіко-математичного факультету / О. О. Безущак, О. Г. Ганюшкін, Є. А. Кочубінська. — К. : ВПЦ "Київський університет", 2019. — 224 с.
 13. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. — Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. — 260 с.
 14. Hryhorieva T. Tensor Methods in Cyber Security / T. Hryhorieva T., L. Yona, A. Mazur // Information and Communication Technologies and Sustainable Development. Advanced Approaches and Innovations in Up-to-Date Networks and Systems. Lecture Notes in Networks and Systems. - Springer Nature Switzerland AG. - LNNS 809, 2023. - P. 291–299. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_18.

Допоміжна

15. Стрелковська І.В. Операційне числення для фахівців у галузі зв'язку (для студентів та аспірантів) / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. — Одеса: ОНАЗ, 2017. — 120 с.
16. Романчиков В.І. Основи наукових досліджень / В.І. Романчиков. — К.: ЦУЛ, 2007. — 254 с.
17. Москаленко Ю. Д., Москаленко О. А., Коваленко О. В. Лінійна алгебра : метод. рек. до проведення практ. занять та організації самостійної роботи студентів предметної спеціальності 014.04 Середня освіта (Математика). Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2021. 91 с.
18. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: Навчальний посібник. — К.: Книжкове вид-во НАУ, 2010.— 198 с.
19. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник— Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.—519 с.
20. Пасічник В.В., Виклюк Я.І., Камінський Р.М. Моделювання складних систем. Посібник. Львів: Видавництво "Новий Світ - 2000". 2017. 404 с.

Інформаційні ресурси

21. http://yura.volchenko.com/Education/LINSPACE_U.pdf
22. MicrosoftVCC <https://rise4fun.com/vcc>. Електронний ресурс]: [Веб-сайт].
23. 2. mCRL2 <https://www.mcrl2.org/>. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Дата звернення: 07.09.2022
24. Tina <http://projects.laas.fr/tina>. [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. Дата звернення: 07.09.2022
25. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. — Електронні дані. — Київ: НБУВ, 2013-2015. — Режим доступу: www.nbuv.gov.ua — Назва з екрана. Дата звернення: 07.09.2022
26. Електронний каталог Національної парламентської бібліотеки України [Електронний ресурс]: [політемат. база даних містить відом. про вітчизн. та зарубіж. кн., брош., що надходять у фонд НПБ України]. — Електронні дані (803 438 записів). — Київ: Нац. парлам. б-ка України, 2002-2015. — Режим доступу: catalogue.nplu.org . — Назва з екрана. Дата звернення: 07.09.2022

27. Український інститут інтелектуальної власності [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ: УІІВ, 2017. – Режим доступу: <http://www.uipv.org> – Назва з екрана.
Дата звернення: 07.09.2022