

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)
Кафедра систем штучного інтелекту та аналізу даних
(назва кафедри)



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

Ігор БАРАН

«29» 09 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

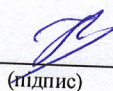
Функціональний аналіз

галузь знань	(назва дисципліни) <u>12 Інформаційні технології</u>
рівень вищої освіти	(шифр і назва галузі знань) <u>перший (бакалаврський)</u>
спеціальність	(назва) <u>124 Системний аналіз</u>
освітня програма	(шифр і назва) <u>«Інтелектуальний аналіз даних»</u>
спеціалізація	(назва)
вид дисципліни	(назва) <u>обов'язкова дисципліна циклу загальної підготовки</u>
	(обов'язкова / вибіркова)

Тернопіль - 2025 рік

Робоча програма з навчальної дисципліни «Функціональний аналіз»
(назва дисципліни)
 для студентів факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)

Розробники:

професор кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних,
 доктор фізико-математичних наук, професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)  / Василь КРИВЕНЬ /
(підпис) (ініціали та прізвище)

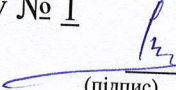
Робоча програма розглянута та схвалена на засіданні
 кафедри систем штучного інтелекту та аналізу даних
(назва)

Протокол від « 28 » серпня 2025 року № 1
 Завідувач кафедри

 / Василь ЯЦІШИН /
(підпис) (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та схвалена НМК
 факультету комп'ютерно-інформаційних технологій та програмної інженерії
(назва)

Протокол від «01» вересня 2025 року № 1
 Секретар НМК

 / Богдана МЛИНКО /
(підпис) (ініціали та прізвище)

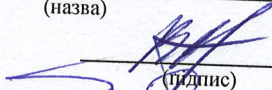
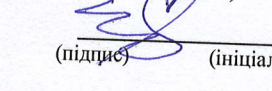
Робоча програма погоджена:

спеціальність 124 Системний аналіз
(шифр і назва)

освітня програма «Інтелектуальний аналіз даних»
(назва)

Завідувач випускової кафедри

Гарант освітньої програми

 / Василь ЯЦІШИН /
(підпис) (ініціали та прізвище)
 / Олег Ясній /
(підпис) (ініціали та прізвище)

1. Структура навчальної дисципліни

IV семестр

Показник	Всього годин
	Денна форма навчання
Кількість кредитів/годин	4/120
Аудиторні заняття, год.	54
Самостійна робота, год.	66
Аудиторні заняття:	
– лекції, год.	36
– лабораторні заняття, год.	
– практичні заняття, год.	18
– семінарські заняття, год.	
Самостійна робота:	
– опрацювання лекційного матеріалу	16
– підготовка до практичних занять	12
– опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	20
– виконання контрольних тестових завдань	
– виконання індивідуальних завдань	
– виконання курсових проектів (робіт)	
– підготовка до складання екзаменів, тестування	18

Частка годин самостійної роботи студента:
денна форма навчання – 55 %

2. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Дисципліна “Функціональний аналіз” є нормативною дисципліною з спеціальності 124 для освітньої програми “Інтелектуальний аналіз даних”, яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).

Мета вивчення навчальної дисципліни: оволодіння класичними методами функціонального аналізу, теоретичними положеннями та основами застосувань функціонального аналізу в різноманітних задачах прикладної математики та навчити студентів застосовувати знання основних методів функціонального аналізу до задач системного аналізу.

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

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K04. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

K18. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

K25. Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з ясністю і точністю і в таких формах, які підходять для аудиторії як усно так і в письмовій формі.

Вивчення дисципліни має забезпечити досягнення таких **програмних результатів** :

ПР01. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.

ПР05. Знати основні положення теорії метричних просторів, лебегівської теорії міри та інтеграла, теорії обмежених лінійних операторів в банахових та гільбертових просторах, застосовувати техніку і методи функціонального аналізу для розв'язання задач керування складними процесами в умовах невизначеності.

ПР09. Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Лекційні заняття

IV семестр

№ з/п	Тема заняття та короткий зміст	Кількість годин
		ДФН
1.	Множини. дії з множинами. Поняття множини. Способи задання множин. Операції над множинами.	2
2.	Порівняння множин Скінченні й нескінченні множини. Еквівалентність множин. Зліченні множини.	2

	Незліченність множини дійсних чисел. Потужність множини. Теорема Кантора – Бернштейна	
3.	Арифметичний простір. База простору Поняття арифметичного простору. Лінійна залежність і лінійна незалежність системи елементів простору. База і розмірність простору. Критерій лінійної незалежності елементів арифметичного простору.	2
4.	Заміна бази арифметичного простору. Координати елемента простору у вибраній базі. Теорема про базу арифметичного простору. Перетворення координат елемента простору при заміні бази простору. Матриця переходу до нової бази.	2
5.	Лінійне перетворення в R^n. Поняття лінійного перетворення. Перетворення матриці лінійного оператора при заміні бази простору. Власні числа і власні вектори лінійного оператора. Матриця оператора в базі власних векторів.	2
6.	Евклідові простори і квадратичні форми. Поняття евклідового простору. Лінійні перетворення в евклідовому просторі. Квадратичні форми та їх перетворення.	2
7.	Теорема про вкладені відрізки. Критерій коші збіжності числової послідовності. Теорема про вкладені відрізки. Підпослідовність числової послідовності. Теорема Больцано-Вейєрштраса. Критерій Коші збіжності числової послідовності. Фундаментальна послідовність.	2
8.	Метричний простір. Поняття метричного простору. Приклади метричних просторів. Список основних просторів. Повнота простору. Збіжність у метричному просторі. Сепарабельність і компактність.	2 2
9.	Стискаючі оператори. теорема Банаха і її застосування. Стискаючі оператори. Теорема Банаха. Метод послідовних наближень. Прості ітерації. Застосування принципу стискаючих операторів до наближеного розв'язання рівнянь.	2
10.	Лінійні простори. Поняття лінійного простору і лінійного підпростору. Приклади лінійних просторів. Розмірність лінійного простору	2
11.	Простори зі скалярним добутком. Поняття скалярного добутку і гільбертового простору. Основні гільбертові простори. Простори Лебега з вагою.	2
12.	Ортогональні системи. Процес ортогоналізації. Поняття повної системи і ортогональної бази. Повні	2

	системи і ортогональні базиси у просторах Лебега.	
13.	Ряди Фур'є у гільбертовому просторі. Задача апроксимації. Розвинення вектора за ортонормованою системою у скінченновимірному просторі. Застосування рядів Фур'є до задач апроксимації. Збіжність рядів Фур'є. Порівняння тригонометричної та поліноміальної апроксимації. Порівняння рядів Фур'є і Тейлора.	2
14.	Лінійні оператори. Поняття лінійного оператора. Поняття неперервності. Неперервність лінійного оператора. Норма оператора. Приклади. Простір лінійних обмежених операторів та типи збіжності в ньому.	2
15.	Алгебра операторів. Ядро та образ оператора. Означення оберненого оператора. Критерій обмеженої оберненості лінійного оператора.	2
16.	Умови існування оператора $(I-A)^{-1}$. Теорема Банаха про обернений оператор.	2
17.	Лінійні неперервні функціонали. Норма функціонала. Приклади. Теорема Рісса-Фішера. Теорема Гана-Банаха..	2
18.	Екстремум функціоналів. Відстані в класі функцій: відстань нульового і першого порядків. Слабкий та сильний екстремуми. Рівняння Ейлера. Два приклади класичних задач про екстремум функціоналу.	2
	Всього з дисципліни годин лекцій	32

3.2.Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		ДФН
1.	Множини. Операції з множинами. Порівняння множин. Скінченні, злічені та незлічені множини.	2
2.	Арифметичні і евклідові простори. Перетворення елементів простору при заміні бази.	2
3.	Метрика. Основні метричні простори. Повнота метричного простору. Сепарабельність і компактність.	2
4.	Відображення у метричних просторах. Стискаючі відображення. Теорема Банаха і її застосування.	2
5.	Лінійні нормовані простори. Банахові простори	2
6.	Лінійні оператори. Неперервність, обмеженість, норма лінійного оператора.	2

7.	Простори зі скалярним добутком. Ортогональність і ортогоналізація. Гільбертові простори. Лінійні неперервні функціонали. Теорема Фреше-Рісса.	2
8.	Лінійні неперервні функціонали. Норма функціонала. Представлення функціонала в гільбертовому просторі.	2
9.	Екстремум функціоналів. Найпростіша задача варіаційного числення.	2
	Всього з дисципліни годин практичних	18

3.3.Самостійна робота

№ з/п	Найменування робіт	Кількість годин
		ДФН
1	Опрацювання лекційного матеріалу	18
2	Підготовка до практичних занять	9
3	Опрацювання розділів, що не увійшли у робочу програму	17
4	Виконання контрольних тестових завдань.	4
5	Підготовка до тестування, складання іспиту.	18
	Всього годин самостійних занять	72

4. Критерії оцінювання результатів навчання студентів.

IV семестр Форма підсумкового контролю – іспит.

Модуль 1			Модуль 2			Підсумковий контроль		Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота					
Теоретичний курс (тестування)	Практична робота		Теоретичний курс (тестування)	Практична робота				
20	20		15	20		25		100
№ Лекції	Вид робіт	Бал	№ Лекції	Вид робіт	Бал	Теоретичний курс	10	
Лекція 1-9	Контрольно-модульна робота № 1	20	Лекція 10-18	Контрольно-модульна робота № 2	20	Практичне завдання	15	

5. Навчально - методичне забезпечення.

1. Елементи лінійної алгебри. Лекції для студентів технічних спеціальностей. Навчальний посібник / Кривень В.А. / –Тернопіль:ТНТУ -2007 -86 с.

2. Кривень В.А. Основи математики. функція. границя. Неперервність Навчальний посібник. Лекції для студентів інженерних спеціальностей. Тернопіль: ТНТТУ -2010 – 59 с.

Рекомендована література

а) базова:

1. Федак І. В. функціональний аналіз Навчальний посібник для студентів спеціальностей «Інформатика» та «Прикладна математика» /І.В. Федак. – Івано-Франківськ: Сімик, 2011. – 120с.
2. Буланов, Г. С. Функціональний аналіз : навч. посіб. для студентів спеціальності «Системний аналіз» усіх форм навчання / Г. С. Буланов, О. Г. Ровенська, В. М. Астахов. – Краматорськ : ДДМА, 2017. – 63с.
3. Боярищева, Т.В. Гудивок, О.О. Погоріляк. Функціональний аналіз. Навчальний посібник для студентів спеціальностей «математика», «прикладна математика», «статистика». – Ужгород, 2013. –125с.
4. Дороговцев А.Я., Івасишен С.Д., Кондратьєв Ю.Г., Константинов О.Ю. Завдання для практичних і лабораторних занять з курсу «Функціональний аналіз та інтегральні рівняння» для студентів спеціальності «математика». – Чернівці: ЧДУ, 1992. – 109с.

б) допоміжна:

1. Олійник Л.О Навчальний посібник “Лекції з функціонального аналізу”. Для спеціальності 7.080202 “Прикладна математика” /Л.О.Олійник, – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2000 –96с.
2. Ус. С.А. У74 Функціональний аналіз [Текст]: навч. посібник / С.А. Ус. – Дніпродзержинськ: Національний гірничий університет, 2013. – 236 с.
3. Daniel Daners Introduction to Functional Analysis / School of Mathematics and Statistics University of Sydney, NSW 2006 Australia. 123P. (<https://www.freebookcentre.net/math-books-download/Introduction-to-Functional-Analysis-by-Daniel-Daners.html>)
4. Курченко О.О., Рабець К.В. Метричні простори у курсі математичного аналізу: навчальний посібник. / О.О.Курченко, К.В.Рабець. – К., 2011. – 146 с

в) збірники задач:

1. Збірник задач з функціонального аналізу. Частина І / Укладачі О. Ю. Константинов, Ю. С. Мішура, О. Н. Нестеренко, А. В. Чайковський. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2004. – 123 с.
2. Дороговцев А.Я., Івасишен С.Д., Кондратьєв Ю.Г., Константинов О.Ю. Завдання для практичних і лабораторних занять з курсу «Функціональний аналіз та інтегральні рівняння» для студентів спеціальності «математика». – Чернівці: ЧДУ, 1992. – 109с

Інформаційні ресурси.

ЕНК в системі Atutor «Функціональний аналіз» ID 6391,

Зміни та доповнення до робочої програми навчальної дисципліни.

№	Зміст внесених змін (доповнень)	Дата і № протоколу засідання кафедри	Примітка