

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
КАФЕДРА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

_____ Кашпур О.Ф.

«__» _____ 2019 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ЕЛЕМЕНТИ КАТЕГОРНОГО АНАЛІЗУ
для студентів**

галузь знань	12 Інформаційні технології
спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
освітній рівень	магістр
освітня програма	Програмне забезпечення систем
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	2
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: **д. ф.-м. н., професор Провотар О.І.** (лекції)

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» 20__ р.

Розробник: Провотар Олександр Іванович, д. ф.-м. н., професор, завідувач кафедри інтелектуальних програмних систем.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри інтелектуальних програмних систем

_____ О.І. Провотар

Протокол № __ від «__» _____ 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «__» _____ 2019 року №__

Голова науково-методичної комісії _____ Л.Л. Омельчук

«__» _____ 2019 року

Затверджено вченою радою факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від «__» _____ 2019 року №__

Голова вченої ради факультету _____ А.В. Анісімов

1. Мета дисципліни – опанування методами розв’язування задач з різних предметних областей засобами категорної математики.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни. Для успішного вивчення дисципліни «Елементи категорного аналізу» студенти повинні відповідати наступним вимогам:

1. **Знати:** базові поняття дискретної математики, математичної логіки та теорії алгоритмів.
2. **Вміти:** будувати рекурсивні програми, будувати класи відношення еквівалентності, вміти виконувати алгебраїчні перетворення логічних виразів на підставі логічних тотожностей.

3. Анотація навчальної дисципліни. Навчальна дисципліна «Елементи категорного аналізу» є складовою програми підготовки фахівців за другим (магістерським) рівнем вищої освіти галузі знань 12 Інформаційні технології зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення, освітньо-наукової програми «Програмне забезпечення систем».

Дисципліна є базовою для вивчення дисципліни «Некласичні логіки та їх застосування в розробці програмного забезпечення».

Дана дисципліна є нормативною навчальною дисципліною в рамках освітньої програми «Програмне забезпечення систем».

Дисципліна викладається у 2 семестрі в **обсязі – 90 год. (3 кредити ECTS)**, зокрема: лекції – 28 год., самостійна робота – 60 год., консультації – 2 год. В курсі передбачено 2 змістовні частини та 2 контрольні роботи. Завершується дисципліна – **іспитом**.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

знати: основні поняття теорії категорій та методи доведення тверджень на внутрішній мові категорій.

вміти: розв’язувати задачі теорії алгоритмів, дискретної математики та математичної логіки засобами теорії категорій, зокрема, будувати класи відношення еквівалентності в категорії аксіоматизації, давати алгебраїчну інтерпретацію оберненого образу, обчислювати булеві функції в топосі.

4. Завдання (навчальні цілі). Основними завданнями дисципліни «Елементи категорного аналізу» є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в області категорного аналізу відповідно до освітньої кваліфікації магістр з інженерії програмного забезпечення. Зокрема, розвивати:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01).
- Здатність проведення теоретичних та прикладних досліджень на відповідному рівні (ЗК03).
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК07).
- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК08).
- Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення (СК04).

5. Результати навчання за дисципліною.

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН1.1	Знати основні поняття і визначення теорії категорій.	Лекції.	Контрольна робота, 60% правильних відповідей, іспит.	15%
РН1.2	Знати основні принципи побудови категорної логіки.	Лекції.	Контрольна робота, 60% правильних відповідей, іспит.	20%
РН1.3	Знати основні категорії, які мають відношення до теорії обчислюваності.	Лекції.	Контрольна робота, 60% правильних відповідей, іспит, захист проекту.	15%
РН2.1	Вміти застосовувати на практиці категорні засоби дослідження обчислюваності базових конструкцій побудови алгоритмів.	Самостійна робота.	Контрольна робота, 60% правильних відповідей, іспит, захист проекту.	24%
РН3.1	Спілкуватися в діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою на теми теорії категорій.	Самостійна робота.	Захист проекту.	10%
РН4.1	Організувати свою самостійну роботу для досягнення результату.	Самостійна робота.	Захист проекту.	8%
РН4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість.	Самостійна робота.	Захист проекту.	8%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання.

Результати навчання дисципліни	РН1.1	РН1.2	РН1.3	РН2.1	РН3.1	РН4.1	РН4.2
	Програмні результати навчання						
ПРН01. Знати і системно застосовувати методи аналізу та моделювання прикладної області, виявлення інформаційних потреб і збору вихідних даних для проектування програмного	+	+	+	+	+	+	+

забезпечення.							
ПРН08. Проводити аналітичне дослідження параметрів функціонування програмних систем для їх валідації та верифікації, а також проводити аналіз обраних методів, засобів автоматизованого проектування та реалізації програмного забезпечення.				+		+	+
ПРН13. Оформляти результати досліджень у вигляді статей у наукових виданнях та тез доповідей на науково-технічних конференціях.				+		+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН2.1 – **10/6 балів.**
2. Контрольна робота 2: РН1.2, РН1.3, РН2.1 – **10/6 балів.**
3. Самостійна робота 1 (проект): РН1.2, РН1.3, РН2.1, РН3.1 – **20/12 балів.**
4. Самостійна робота 2 (проект): РН1.2, РН1.3, РН2.1, РН3.1 – **20/12 балів.**

Підсумкове оцінювання (у формі іспиту):

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: 40 балів;
- результати навчання які будуть оцінюватись: РН1.1, РН1.2, РН1.3, РН2.1;
- форма проведення і види завдань: письмова робота.
- Види завдань: 4 письмових завдання.

Критерії оцінювання на іспиті

Завдання	Тема завдання	Максимальний відсоток від 40 балів	Всього відсотків
Завдання 1-4	Задача на побудову та дослідження категорних моделей в дискретній математиці та теорії обчислювальності	по 25%	100%
			100%

7.2 Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Контрольна робота: до 7 тижня семестру.
2. Контрольна робота: до 15 тижня семестру.
3. Самостійна робота 1 (проект): до 7 тижня семестру.
4. Самостійна робота 2 (проект): до 15 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі контрольних робіт здійснюються у відповідності до «Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу» від 1 жовтня 2010 року.

У разі неякісного виконання лабораторної роботи, викладач має право не зарахувати лабораторну роботу, або знизити за неї бали.

Студент має право здавати лабораторні роботи після закінчення визначеного для них терміну, але з втратою одного балу за кожен тиждень, який пройшов з моменту закінчення терміну її здачі.

Здобувач освіти може бути недопущений до підсумкового оцінювання, якщо під час семестру він:

- 1) не досяг мінімального порогового рівня оцінки тих результатів навчання, які не можуть бути оцінені під час підсумкового контролю;
- 2) набрав кількість балів, що є недостатньою для отримання позитивної оцінки навіть у випадку досягнення ним на підсумковому контролі максимально можливого результату.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій.

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин	
		Лекції	Самостійна робота
Частина 1. Елементи теорії категорій.			
1	Тема 1. Математика = теорія множин? Категорія Set – класична математика. Теорія множин з точки зору теорії категорій. Чи є функції множинами? Композиції функцій. Визначення та приклади категорій. Особливості введеної абстракції – категорії, відмінної від Set .	2	6
2	Тема 2. Стрілки замість відношення належності. Основні поняття та визначення теорії категорій. Мономорфізми, епіморфізми, ізоморфізми. Початкові, кінцеві, ізоморфні об'єкти.	2	6
3	Тема 3. Стрілки замість відношення належності. Добуток та кодобуток об'єктів категорії. Порівнювачі та копорівнювачі. Границі та кограниці.	2	5
4	Тема 4. Стрілки замість відношення належності. Обернений образ та амальгами. Повнота, експоненціювання.	4	6
5			
6	Тема 5. Що таке топоси? Топоси. Підоб'єкти. Відношення включення для підоб'єктів.	4	5
7			
Контрольна робота 1			2
Контроль за підсумками самостійної роботи 1			
Всього по частині 1		14	30
Частина 2. Категорна логіка.			
8	Тема 6. Будова топоса. Мономорфізми як порівнювачі.	4	6

9	Образи морфізмів. Екстенціональність і двозначність. Визначення мономорфності та епіморфності через елементи.		
10	Тема 7. Логіка в топосі. Поява логіки в топосі. Пропозиціональні числення. Булеві алгебри.	4	5
11			
12	Тема 8. Алгебра підоб'єктів. Алгебра підоб'єктів – доповнення, перетин, об'єднання. $\text{Sub}(d)$ – ґратка.	2	6
13	Тема 9. Булеві топоси. Перегляд принципу екстенціональності.	2	6
14	Тема 10. Арифметика. Натурально-числові об'єкти. Цілий та раціональний об'єкти. Примітивна рекурсія.	2	5
Контрольна робота 2			2
Контроль за підсумками самостійної роботи 2			
Всього по частині 2		14	30
Консультація		2	
ВСЬОГО		28	60

Загальний обсяг – **90** год., в тому числі:

Лекцій – **28** год.,

Самостійна робота – **60** год.

Консультацій – **2** год.

Теми, винесені на самостійне вивчення.

1. Задачі на початкові та кінцеві об'єкти категорії.
2. Задачі на добуток та кодобуток, порівнювачі та копорівнювачі об'єктів категорії.
3. Задачі на підоб'єкти.
4. Задачі на доведення в екстенціональних топосах.
5. Задачі на об'єднання, перетин, доповнення.
6. Задачі в топосах з натурально-числовим об'єктом.
7. Наслідки теорем Фрейда.

Перелік типових завдань для підготовки до іспиту.

1. Якщо в \mathbf{Set} f – ін'єктивна, то f – порівнювач.
2. Якщо $a \equiv b$ і a – кінцевий, то b – кінцевий. Довести.
3. Нехай $\{0,1,2,3,4\}$ – предпорядок. Знайти добуток 2×3 .
4. Якщо $a \equiv b$, то $a \times c \equiv b \times c$. Довести.

Перелік питань для підготовки до іспиту.

1. Визначення категорії.
2. Мономорфізми. Епіморфізми. Ізоморфізми.
3. Початкові та кінцеві об'єкти. Теореми про ізоморфізм.
4. Добуток об'єктів категорії. Теорема про ізоморфізм.
5. Функторний добуток та кодобуток.
6. Порівнювачі. Теореми про порівнювачі.
7. Границі та кограниці. Приклади.
8. Обернетиний образ. Лема про квадрати.
9. Експоненціювання. Теорема про декартово замкнуту категорію.

10. Підоб'єкти.
11. Класифікація підоб'єктів.
12. Структура топоса. Теорема про епі-моно-розклад.
13. Об'єкти топоса. Теорема про точковий топос.
14. Логічні функції в топосі. Теорема про логічні функції.

9. Рекомендовані джерела.

Основні:

1. Голдблатт Р. Топосы. Категорный анализ логики. – М. – Мир. – 1983.
2. Джонстон П. Теория топосов – М. – Мир. –1978.
3. А.Г. Куц. Топосы. Задания и методические указания / Омск. Ун-т, 1989, 35 с./

Додаткові:

1. Статті в журналах.