Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра
математичного
аналізу та теорії
ймовірностей

Рандомізація в наукових дослідженнях

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	**Перший (бакалаврський)**
Галузь знань	11 Математика та статистика
Спеціальність	111 Математика
Освітня програма	Страхова та фінансова математика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	120 годин (36 годин – лекції, 18 годин – практичні, 66 годин – СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік\МКР, РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	**Лектор**: Клесов Олег Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей, voselk@gmail.com **Практичні**: Клесов Олег Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей, voselk@gmail.com
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Опис дисципліни	Відповідно до навчального плану освітній компонент «*Рандомізація в наукових дослідженнях*», належить до циклу професійної підготовки та має домінуюче значення у підготовці фахівця за освітньою програмою «*Страхова та фінансова математика*». Рандомізовані алгоритми є сучасним науковим напрямком, який знаходиться на границі між математикою та кібернетикою. Важливими також є застосування ідей цього напрямку у теоретичному та комп'ютерному аналізі структур даних, паралельних та розподілених обчисленнях, математичному програмуванні, теорії графів, криптографії, теорії чисел тощо. У багатьох задачах математики та кібернетики рандомізовані алгоритми є найпростішими або найшвидшими з можливих. Такі алгоритми відрізняються тим, що використовують випадкові числа та обирають випадкові рішення під час обчислень. Результатом роботи таких алгоритмів є або результат, який співпадає з істинним тільки з певною ймовірністю (метод Монте-Карло), або дає коректну відповідь при будь-яких вхідних даних та при будь-яких випадкових числах, обраних в процесі виконання (метод Лас Вегас). Для алгоритмів першого типу ймовірнісний аналіз дозволяє оцінювати ймовірність правильної відповіді, для алгоритмів другого типу – кількість кроків (час виконання). На практиці розповсюдженим є метод дерандомізації, який дозволяє після реалізації ефективного рандомізованого алгоритму перейти до його детерміністського аналогу.
Цілі дисципліни	Ціллю навчальної дисципліни "*Рандомізація в наукових дослідженнях* полягає у засвоєнні основних методів, принципів, найбільш важливих фактів та деяких застосувань рандомізованих алгоритмів в аналізі даних, факторизації натуральних чисел, криптографії та потоків даних в комп'ютерних мережах. В курсі обговорюються також принципи генерації випадкових чисел та ймовірнісні методи аналізу випадкових послідовностей, серед яких є кореляційний, спектральний та деякі інші.
Предмет навчальної дисципліни	Предметом навчальної дисципліни "Рандомізація в наукових дослідженнях" є вивчення ймовірнісного підходу для розв'язання теоретичних та практичних задач у математиці, програмуванні, медицині, плануванні експерименту
Компетентності	Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей: ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК3 Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності. ЗК6 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

	ЗК7 Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК9 Здатність приймати обґрунтовані рішення. ЗК12 Здатність працювати автономно. ЗК16 Здатність проявляти творчий підхід та ініціативу. ФК1 Здатність формулювати проблеми математично та в символьній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання. ФК2 Здатність подавати математичні міркування та висновки з них у формі, придатній для цільової аудиторії, а також аналізувати та обговорювати математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язання тієї самої задачі. ФК3 Здатність здійснювати міркування та виокремлювати ланцюжки міркувань у математичних доведеннях на базі аксіоматичного підходу, а також розташовувати їх у логічну послідовність, у тому числі відрізняти основні ідеї від деталей ФК5 Здатність до кількісного мислення. ФК8 Здатність до аналізу математичних структур, у тому числі до оцінювання обґрунтованості й ефективності використовуваних математичних підходів. ФК12 Здатність знаходити методи розв'язання прикладних задач в нових та незнайомих контекстах на основі математичних методів та методів комп'ютерної статистики. ФК14 Здатність демонструвати математичну грамотність, послідовно пояснити іншим математичні теорії або їх складові частини, взаємозв'язок та відмінність між ними, навести приклади застосувань у природничих науках. ФК15 Здатність застосувати математичні методи до прогнозування економічних та соціальних процесів у сфері управління на підприємствах, в фінансових установах, в навчальних закладах тощо.
Програмні результати навчання	РН4 Розуміти фундаментальну математику на рівні, необхідному для досягнення інших вимог освітньої програми. РН5 Мати навички використання спеціалізованих програмних засобів комп'ютерної та прикладної математики і використовувати інтернет-ресурси. РН6 Знати методи математичного моделювання природничих та/або соціальних процесів. РН9 Уміти працювати зі спеціальною літературою іноземною мовою. РН11 Розв'язувати конкретні математичні задачі, які сформульовано у формалізованому вигляді; здійснювати базові перетворення математичних моделей. РН17 Знати теоретичні основи і застосовувати основні методи теорії ймовірностей, теорії випадкових процесів і математичної статистики для дослідження випадкових явищ, перевірки гіпотез, обробки реальних даних та аналізу тривалих випадкових явищ. РН20 Розв'язувати основні математичні задачі аналізу даних; застосовувати базові загальні математичні моделі для специфічних ситуацій, мати навички управління інформацією, і застосування комп'ютерних засобів статистичного аналізу даних. РН24 Застосовувати отримані знання з математичних дисциплін, у яких вивчаються моделі природничих процесів; математичні методи аналізу та прогнозування; математичні способи інтерпретації числових даних; принципи функціонування природничих процесів, математичні моделі оцінки ризиків в тих предметних областях, де проводяться дослідження.

2. **Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Пререквізити: Навчальна дисципліна «Рандомізація в наукових дослідженнях» базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Математичний аналіз», «Дискретна математика», «Теорії ймовірностей», «Вступ до теорії ймовірностей»

Постреквізити: Освітній компонент «Рандомізація в наукових дослідженнях» поглиблює та розширює знання отримані при вивченні дисциплін попередніх дисциплін.

3. Зміст навчальної дисципліни

Назва розділів і тем	**Кількість годин**			
	Всього	**у тому числі**		
		Лекції	**Практичні**	**СРС**
1	***2***	***3***	***4***	***5***
Розділ 1. Рандомізація в дискретній математиці				
Тема 1.1. Рандомізація у теоретичній математиці. Ймовірнісний метод у комбінаториці	6	2	1	3
Тема 1.2. Ймовірнісне «доведення» гіпотези Харді про числа близнюки	6	2	1	3
Тема 1.3. Задача оцінки об'єму тіл у *n*-вимірному просторі. Метод ланцюгів Маркова	6	2	1	3
Тема 1.4. Задача факторизації натуральних чисел. Особливості задачі для дуже великих чисел	6	2	1	3
Разом за розділом 1	**24**	**8**	**4**	**12**
Розділ 2. Рандомізовані алгоритми				
Тема 2.1. Задача про перевірку співпадіння баз даних. Проблема пошуку шаблонів.	6	2	1	3
Тема 2.2. Оптимальний рандомізований алгоритм перевірки рівності двох матриць	6	2	1	3
Тема 2.3. Рандомізований алгоритм сортування Quicksort	6	2	1	3
Тема 2.4. Рандомізований метод Міллера-Рабіна	6	2	1	3
Тема 2.5. Методи генерації випадкових чисел	6	2	1	3
Тема 2.6. Рівномірно розподілені послідовності випадкових чисел	6	2	1	3
Разом за розділом 2	**36**	**12**	**6**	**18**

Тема 3.1. Рандомізовані опитування (метод Уорнера)	5,5	2	0,5	3
Тема 3.2. Ймовірнісні методи в теорії інформації	5,5	2	0,5	3
Тема 3.3. Ймовірнісний аналіз потоків інформації у каналах зв'язку (теорема про безпомилкове відновлення сигналів)	5,5	2	0,5	3
Тема 3.4. Рандомізація експериментів (методи Фішера планування експериментів	5,5	2	0,5	3
Разом за розділом 3	**22**	**8**	**2**	**12**
Розділ 4. Застосування ідеї рандомізації				
Тема 4.1. Ймовірнісний аналіз екстремальних подій	4,5	2	0,5	2
Тема 4.2. Ідеї рандомізації у фінансовій математиці (дослідження Марковіца)	4,5	2	0,5	2
Тема 4.3. Рандомізація в медицинських дослідженнях (перевірка гіпотез про несуттєвість впливу факторів)	4,5	2	0.5	2
Тема 4.4. Рандомізація в кримінології	4,5	2	0,5	2
Разом за розділом 4	**18**	**8**	**2**	**8**
Розрахункова робота	**8**	**-**	**-**	**8**
Контрольна робота	**6**	**-**	**2**	**4**
Залік	**6**	**-**	**2**	**4**
Всього годин	120	36	18	66

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Клесов О.І., *Рандомізація в наукових дослідженнях* (конспект лекцій), 2022, Київ, 439 стор.

2. M. Mitzenmacher, E. Upfal, *Randomized Algorithms and Probabilistic Analysi*, Cambridge University Press, Cambridge, 2005.

3. R. Motwani, P. Raghavan, *Randomized algorithms*, Cambridge University Press, Cambridge, 1995.

Допоміжна література

4. J. Hromkovič, *Design and analysis of randomized algorithms*, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 2005.

5. N. Alon, J. H. Spencer, *The probabilistic method*, 3rd editionWiley, New York, 2008.

6. M. Habib, C. McDiarmid, J. Ramirez-Alfonsin, B. Reed, *Probabilistic methods for algorithmic discrete mathematics*, Springer, Berlin-Heidelberg, 2008.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Очна/дистанційна форма

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Рандомізація у теоретичній математиці. Ймовірнісний метод у комбінаториці ***Рекомендована література:*** **[1], [5]**
2	Ймовірнісне «доведення» гіпотези Харді про числа близнюки ***Рекомендована література:*** **[1]**
3	Задача оцінки об'єму тіл у *n*-вимірному просторі. Метод ланцюгів Маркова ***Рекомендована література:*** **[1]**
4	Задача про перевірку співпадіння баз даних. Проблема пошуку шаблонів. ***Рекомендована література:*** **[1], [2], [3]**
5	Оптимальний рандомізований алгоритм перевірки рівності двох матриць ***Рекомендована література:*** **[1], [2], [3]**
6	Рандомізований алгоритм сортування Quicksort ***Рекомендована література:*** **[1], [2], [3]**
7	Задача факторизації натуральних чисел. Особливості задачі для дуже великих чисел ***Рекомендована література:*** **[1], [6]**
8	Рандомізований метод Міллера-Рабіна ***Рекомендована література:*** **[1], [3], [4]**
9	Методи генерації випадкових чисел ***Рекомендована література:*** **[1], [6]**
10	Рівномірно розподілені послідовності випадкових чисел ***Рекомендована література:*** **[1], [6]**
11	Рандомізовані опитування (метод Уорнера) ***Рекомендована література:*** **[1], [2]**
12	Ймовірнісні методи в теорії інформації ***Рекомендована література:*** **[1], [4]**
13	Ймовірнісний аналіз потоків інформації у каналах зв'язку (теорема про безпомилкове відновлення сигналів) ***Рекомендована література:*** **[1], [4]**
14	Рандомізація експериментів (методи Фішера планування експериментів) ***Рекомендована література:*** **[1], [5]**
15	Ймовірнісний аналіз екстремальних подій ***Рекомендована література:*** **[1]**
16	Ідеї рандомізації у фінансовій математиці (дослідження Марковіца) ***Рекомендована література:*** **[1]**
17	Рандомізація в медицинських дослідженнях (перевірка гіпотез про несуттєвість впливу факторів) ***Рекомендована література:*** **[1], [2], [3]**
18	Рандомізація в кримінології ***Рекомендована література:*** **[1]**

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Рандомізація у теоретичній математиці. Ймовірнісний метод у комбінаториці. Ймовірнісне «доведення» гіпотези Харді про числа близнюки
2	Задача оцінки об'єму тіл у *n*-вимірному просторі. Метод ланцюгів Маркова. Задача факторизації натуральних чисел. Особливості задачі для дуже великих чисел
3	Задача про перевірку співпадіння баз даних. Проблема пошуку шаблонів. Оптимальний рандомізований алгоритм перевірки рівності двох матриць
4	Рандомізований алгоритм сортування Quicksort**.** Рандомізований метод Міллера-Рабіна
5	Методи генерації випадкових чисел. Рівномірно розподілені послідовності випадкових чисел
6	Рандомізовані опитування (метод Уорнера). Ймовірнісні методи в теорії інформації
6	Ймовірнісний аналіз потоків інформації у каналах зв'язку (теорема про безпомилкове відновлення сигналів). Рандомізація експериментів (методи Фішера планування експериментів
7	Ймовірнісний аналіз екстремальних подій. Ідеї рандомізації у фінансовій математиці (дослідження Марковіца) Рандомізація в медицинських дослідженнях (перевірка гіпотез про несуттєвість впливу факторів). Рандомізація в кримінології
8	**МКР-1 «Побудова раціональних чисел. Побудова правильних багатокутників»**
9	Залік

6. Самостійна робота здобувача освіти

Вивчення дисципліни «Рандомізація в наукових дослідженнях» включає наступні види самостійної роботи:

- підготовка до лекційних та практичних занять, виконання домашніх завдань;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- підготовка та виконання модульної контрольної роботи;
- підготовка до заліку.

На самостійне опрацювання виноситься декілька підрозділів з усіх розділів на розсуд викладача. Їх можна взяти з підручників [1-3], але дозволяється використовувати інші джерела для поглибленого вивчення того, чи іншого питання. Планом також передбачені індивідуальні завдання для студентів, які виконуються самостійно або робочими групами.

Контрольні роботи

Запланована модульна контрольна робота на 8 практичному занятті.

Мета модульних контрольних робіт – виявити рівень засвоєння відповідних модулів.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Рекомендовані методи навчання: вивчення основної та допоміжної літератури за тематикою лекцій, розв'язування задач на практичних заняттях. Важливим аспектом якісного засвоєння матеріалу, відпрацювання методів та алгоритмів розв'язання/побудови основних завдань дисципліни є самостійна робота (опрацювання навчальних матеріалів лекційних занять, підготовка до практичних занять, виконання завдань домашньої роботи, підготовку до МКР та заліку).

- **Пропущені контрольні заходи**

Результат модульної контрольної роботи для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати модульну контрольну роботу, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

- **Календарний рубіжний контроль.**

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Умови одержання атестації	Поточний рейтинг		більше 50% можливих на даний момент балів	більше 50% можливих на даний момент балів
	Поточний контрольний захід	РГР,СР.	+	+
		МКР, РГР, СР.	–	+

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: https://kpi.ua/code

1. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО) (очна\дистанційна форма)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	кредити	акад. год.	Лекц.	Практич.	Лаб. роб.	СРС	МКР	РГР	Семестрова атестація
7	4	120	36	18	-	66	1	1	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за

1) відповіді на практичних заняттях та домашні завдання;
2) одна контрольна робота;
3) одна РГР (розрахунково-графічна робота);

Розмір шкали рейтингу *R* = 100 балів.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 15. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 20 балів.

0.0 – відмова від відповіді, незнання необхідного теоретичного матеріалу;

0.25 – знання окремих фрагментів теоретичного матеріалу,;

0,5 – поверхневе знання теоретичного матеріалу розв'язування задачі;

0.75 – добре знання теоретичного матеріалу вміння його застосовувати;

1 – досконале знання теоретичного матеріалу самостійне розв'язування задачі.

2. Домашні роботи

Ваговий бал – 15. Максимальна кількість балів за всі домашні роботи дорівнює 15 балів.
Критерій оцінювання ДЗ:
відсутність домашніх робіт – 0 балів.
За несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання домашньої роботи зараховується не більше 50%.

3. Модульний контроль

Ваговий бал – 40. Максимальна кількість балів дорівнює 40 балів.
Критерій оцінювання МКР:
відсутність на контрольній роботі – 0 балів,
МКР не переписується, оцінка МКР (в балах) дорівнює величині відсотка (від максимальної кількості балів 10) її виконання.

4. Розрахунково-графічна робота (РГР) – самостійне дослідження студента.

Ваговий бал – 30.
Критерій оцінювання РГР:
Невиконання РГР – 0 балів. Вимоги до оформлення РГР і захисту по завершенню семестру, а також тематику самостійного дослідження буде надано викладачем практичних занять.

За несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання РГР (без захисту роботи) зараховується не більше 60% .

4. Штрафні та заохочувальні бали

- несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання розрахункової роботи -1 бал
- заохочувальні бали за виконання творчих завдань
- успішна участь у олімпіаді з вищої математики

Максимальна кількість штрафних (заохочувальних) балів не перевищує 10% (10 балів)

Студент допускається до заліку, якщо його рейтинг семестру не менший 60 балів..

Якщо рейтинг семестру менший 60 балів, студент може написати допускову контрольну роботу. При успішному (не менше 60% правильно виконаних завдань) її написанні рейтинг семестру дорівнюватиме 60 балам.

Таблиця переведення рейтингової оцінки з навчальної дисципліни R: *(згідно з Табл. 1)*

$R = R_I + R_E$	**Оцінка ECTS**	**Традиційна оцінка**
95...100	A	відмінно
85...94	B	дуже добре
75...84	C	добре
65...74	D	задовільно
60...64	E	достатньо
Менше 60	F	не допущений

- **У випадку дистанційної форми навчання у РСО відбуваються наступні зміни:**

  - Контрольні заходи проводяться дистанційно із застосуванням електронної пошти, Telegram, Zoom та освітньої платформи Moodle, зокрема у вигляді тестових контрольних робіт.
  - Максимальну суму вагових балів контрольних заходів протягом семестру встановлюється на рівні 100 балів.
  - Допусковий бал до заліку встановлюється на рівні 60 балів.
  - Сума балів набрана студентом протягом семестру згідно затвердженого РСО, повідомляється на останньому практичному занятті.
  - Підтвердження виконання студентом вимог поточного контролю та умов допуску до заліку повинно бути відображено в Електронному кампусі.
  - У разі не отримання студентом допускового балу, йому надається можливість підвищити R_I шляхом проведення додаткових контрольних заходів до допускового з відповідним відображенням результатів в Електронному кампусі.
  - Рівень набуття передбачених навчальною програмою компетентностей визначається на підставі проведених заходів поточного контролю, а також виконання студентом умов допуску до заліку відповідно до затвердженого РСО.

2. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компоненту)

У випадку дистанційної форми навчання організація освітнього процесу здійснюється з застосуванням електронної пошти, Telegram, відео-конференцій в Zoom та освітньої платформи Moodle (або Google Classroom G Suite for Education).
У разі проведення карантинних заходів РСО може бути змінено згідно наказу КПІ та рішення кафедри.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри МАтаТЙ, доктором фіз.-мат. наук, професором Клесовим О.І.

Ухвалено: кафедрою МАтаТЙ (протокол № 14 від 25.06.2025 р.)

Погоджено: Методичною радою ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2025 р.)