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

Кафедра математичного аналізу та теорії ймовірностей

Методи Монте-Карло

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	*Другий (освітньо-науковий)*
Галузь знань	*E Природничі науки, математика та статистика*
Спеціальність	*E7 Математика*
Освітня програма	*Математика / Mathematics*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна (денна)*
Рік підготовки, семестр	*1 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кредитів ЄКТС, 150 годин (30 годин - лекції, 16 годин - практичні, 104 години - СРС)*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен/модульна контрольна робота, розрахунково-графічна робота*
Розклад занять	*https://schedule.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	*Лектор: д.ф.-м.н., професор Іванов Олександр Володимирович, Практичні: канд.ф.-м.н., старший викладач Москвичова Катерина Костянтинівна,*
Розміщення курсу	*Платформа дистанційного навчання "Sikorsky"; посилання на курс повідомляється здобувачам засобами комунікації курсу*

Програма навчальної дисципліни

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

Цілі дисципліни	*Метою дисципліни «Методи Монте-Карло» є формування системного розуміння сучасних методів статистичного та імітаційного моделювання і набуття навичок їх алгоритмічної реалізації. Після опанування дисципліни здобувач має вміти моделювати випадкові величини, вектори та процеси із заданими характеристиками; оцінювати якість генерації; застосовувати методи Монте-Карло до чисельного інтегрування, моделювання стохастичних диференціальних рівнянь і прикладних задач математичної фізики; обґрунтовувати вибір алгоритму та інтерпретувати результати чисельного експерименту.*
Предмет навчальної дисципліни	*Основні поняття, методи та алгоритми Монте-Карло: генерація і тестування псевдовипадкових чисел; моделювання дискретних та неперервних випадкових величин, випадкових векторів і процесів; чисельне інтегрування та методи зменшення дисперсії; моделювання ланцюгів Маркова, вінерівського і пуассонівського процесів; чисельне моделювання стохастичних диференціальних рівнянь; алгоритмічне застосування методів Монте-Карло до задач математичної фізики.*
Компетентності	*ЗК1 Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від математики.* *ЗК3 Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу.* *ЗК4 Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань.* *ЗК5 Здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації.* *ЗК14 Здатність пропонувати концепції, моделі, винаходити й апробовувати способи й інструменти професійної діяльності з використанням природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук.* *ФК1 Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері математики та її практичних застосувань.* *ФК2 Здатність застосовувати міждисциплінарні підходи при критичному осмисленні математичних проблем.* *ФК4 Спроможність розуміти наукові проблеми та виділяти їхні суттєві риси.* *ФК5 Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти.* *ФК8 Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих математичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань.* *ФК13 Здатність сформувати у слухачів уявлення про класичні та сучасні математичні теорії, взаємозв'язок та різницю між ними і застосування їх у природничих, економічних та технічних науках, у фінансовій та страховій сферах.* *ФК14 Здатність застосувати математичні методи до прогнозування економічних та соціальних процесів у сфері управління на підприємствах, у фінансових установах, в освітніх закладах тощо.*
Програмні результати навчання	*РН1 Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук у сфері математики.* *РН2 Відтворювати знання фундаментальних розділів математики в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань і використання математичних методів у обраній професії.* *РН3 Володіти основами математичних дисциплін і теорій, зокрема тих, які вивчають моделі природничих і соціальних процесів.* *РН4 Володіти математичними методами аналізу, прогнозування та*

	оцінки параметрів моделей, математичними способами інтерпретації числових даних та принципами функціонування природничих процесів. *РН7 Ініціювати і проводити наукові дослідження у спеціалізованій області математики та/або розв'язувати задачі в інших галузях знань методами математичного моделювання.* *РН12 Уміти самостійно планувати виконання дослідницького та/або інноваційного завдання та формулювати висновки за його результатами.* *РН14 Знати головні результати та сфери застосувань основних математичних теорій, що використовуються при математичному моделюванні, зокрема методів імітаційного моделювання та комп'ютерної статистики.*

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

Пререквізити: освітньому компоненту «Методи Монте-Карло» передують нормативні компоненти «Аналіз часових рядів» та «Ланцюги та процеси Маркова». Дисципліна також спирається на знання з теорії ймовірностей, математичної статистики, математичного аналізу та лінійної алгебри, здобуті на попередніх рівнях підготовки.

Постреквізити: знання та уміння, отримані під час вивчення дисципліни, використовуються під час наукової роботи за темою магістерської дисертації та в задачах математичного й імітаційного моделювання.

3. Зміст навчальної дисципліни

Назва розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
Тема 1. Генератори випадкових і псевдовипадкових чисел	6	2	-	4
Тема 2. Тестування генераторів випадкових і псевдовипадкових чисел	8	2	2	4
Тема 3. Моделювання дискретних випадкових величин	6	2	-	4
Тема 4. Моделювання абсолютно неперервних випадкових величин	8	2	2	4
Тема 5. Моделювання нормально розподілених випадкових величин	6	2	-	4
Тема 6. Моделювання випадкових векторів	8	2	2	4
Тема 7. Метод Монте-Карло для наближеного обчислення інтегралів	6	2	-	4
Тема 8. Багатовимірне інтегрування та методи зменшення дисперсії	8	2	2	4
Тема 9. Моделювання випадкового напряму та випадкового блукання	6	2	-	4
Тема 10. Ланцюги Маркова та їх моделювання	8	2	2	4

Назва розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
Тема 11. Вінерівський процес і моделювання його траєкторій	6	2	-	4
Тема 12. Стохастичні диференціальні рівняння	8	2	2	4
Тема 13. Пуассонівські процеси	4	2	-	2
Тема 14. Моделювання гауссівських випадкових процесів за заданими характеристиками	5	2	2	1
Тема 15. Розв'язування задач математичної фізики методом Монте-Карло	5	2	-	3
Модульна контрольна робота	2	-	2	-
Розрахунково-графічна робота	20	-	-	20
Екзамен	30	-	-	30
Всього годин	**150**	**30**	**16**	**104**

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Wu K. Lecture Notes of CSC 446/546: Discrete-Event System Simulation. University of Victoria, 2025. 104 p. https://wkui.github.io/LectureNotes-CSC446-546.pdf
2. Mirzaei D. Stochastic Simulation and Monte Carlo Method. 2nd ed. Uppsala University, 2024. arXiv:2501.00997, 2025. 89 p. https://arxiv.org/pdf/2501.00997
3. Budd T. Monte Carlo Techniques. Radboud University, Nijmegen, 2025. 170 p. https://hef.ru.nl/~tbudd/mct/mct_book.pdf
4. Plesa T., Bruna M. Stochastic Processes in Biology. Mathematical Tripos, Part III, Lent Term 2024. 51 p. https://people.maths.ox.ac.uk/bruna/files/SPB_lecturenotes.pdf

Додаткова література

5. Crane K., Iyer G. Monte Carlo Methods and Applications: Variance Reduction I-II. Carnegie Mellon University, Fall 2023. 73 p. https://geometrycollective.github.io/monte-carlo/slides/Lecture05-VarianceReduction-CMUMonteCarloFA23.pdf
6. Crane K., Iyer G. Monte Carlo Methods and Applications: Walk on Spheres I. Carnegie Mellon University, Fall 2023. 94 p. https://geometrycollective.github.io/monte-carlo/slides/Lecture22-WalkOnSpheresI-CMUMonteCarloFA23.pdf
7. Sawhney R., Seyb D., Jarosz W., Crane K. Grid-Free Monte Carlo for PDEs with Spatially Varying Coefficients. 2022. arXiv:2201.13240. https://arxiv.org/abs/2201.13240

Усі наведені зовнішні електронні джерела доступні безкоштовно у відкритому доступі.

Інформаційні ресурси

8. Платформа дистанційного навчання «Сікорський». https://do.ipo.kpi.ua/
9. Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського. https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2025.pdf

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції та практичні заняття проводяться очно або дистанційно відповідно до розкладу та фактичних умов організації освітнього процесу. Матеріали лекцій, практичних занять, завдання для самостійної роботи,

МКР і РГР розміщуються у дистанційному курсі. Практична частина орієнтована на алгоритмічне відтворення методів, чисельний експеримент та усне пояснення концепції застосованого методу.

Лекції

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Література
1	Генератори випадкових і псевдовипадкових чисел. Випадкове число та рівномірний розподіл на (0,1). Фізичні й алгоритмічні генератори. Початкове значення генератора (seed), відтворюваність і період. Конгруентні генератори. Метод Лемера. Вимоги до сучасних генераторів псевдовипадкових чисел (pseudorandom number generators, PRNG).	[1, с. 31-32]
2	Тестування генераторів випадкових і псевдовипадкових чисел. Емпірична функція розподілу. Статистична перевірка гіпотез. Критерій Колмогорова-Смірнова. Критерій Крамера-фон Мізеса. Критерій χ^2 Пірсона. Перевірка незалежності та багатовимірної рівномірності. Сукупності статистичних тестів (test batteries).	[1, с. 33-35, 52-58]
3	Моделювання дискретних випадкових величин. Узагальнена обернена функція розподілу. Метод оберненої функції (inverse transform method). Алгоритм моделювання дискретної випадкової величини. Моделювання біноміальної та пуассонівської випадкових величин.	[2, с. 7-12]; [1, с. 39-43]
4	Моделювання абсолютно неперервних випадкових величин. Метод оберненої функції. Моделювання показникового розподілу, розподілу Коші та інших неперервних розподілів. Чисельне обернення функції розподілу. Метод відбору з відхиленням (acceptance-rejection method).	[2, с. 7-16]; [1, с. 39-47]
5	Моделювання нормально розподілених випадкових величин. Стандартний нормальний розподіл. Перетворення Бокса-Мюллера (формули Вінера, Box-Muller transform). Полярний метод Марсальї. Перехід від стандартного нормального розподілу до $N(\mu, \sigma^2)$.	[2, с. 84-86]; [1, с. 46]
6	Моделювання випадкових векторів. Сумісні, маргінальні та умовні розподіли. Метод послідовного моделювання за умовними розподілами. Гауссівський випадковий вектор. Коваріаційна матриця. Розклад Холецького (Cholesky decomposition). Моделювання залежних компонент випадкового вектора.	[2, с. 80-86]; [1, с. 59-62]
7	Метод Монте-Карло для наближеного обчислення інтегралів. Представлення інтеграла як математичного сподівання. Стандартна оцінка Монте-Карло. Незміщеність і дисперсія оцінки. Закон великих чисел та центральна гранична теорема. Стандартна похибка та довірчий інтервал. Визначені й невласні інтеграли.	[2, с. 17-24]; [3, с. 27-35]
8	Багатовимірне інтегрування та методи зменшення дисперсії. Багатовимірний інтеграл як математичне сподівання. Розбиття області та стратифіковане моделювання (stratified sampling). Контрольні змінні (control variates). Умовний метод Монте-Карло (conditional Monte Carlo). Вибірка за важливістю (importance sampling). Порівняння ефективності оцінок.	[2, с. 24-26]; [5, с. 9, 13-14, 27-34, 51-65]
9	Моделювання випадкового напряму та випадкового блукання. Рівномірний розподіл на сфері. Моделювання випадкового напряму в R^n. Сферичні координати. Випадкове блукання (random walk). Одновимірні та багатовимірні випадкові блукання. Моделювання випадкових траєкторій.	[2, с. 34, 37-40]
10	Ланцюги Маркова та їх моделювання. Марковська властивість. Простір станів. Матриця перехідних імовірностей. Багатокрокові переходи. Алгоритм моделювання траєкторії ланцюга Маркова. Стаціонарний розподіл. Випадкове блукання як ланцюг Маркова.	[2, с. 28-34, 36-37]; [3, с. 37-49]
11	Вінерівський процес і моделювання його траєкторій. Означення та основні властивості вінерівського процесу (Wiener process). Незалежні гауссівські прирости. Коваріаційна функція. Моделювання дискретного каркаса процесу. Наближена побудова траєкторії. Масштабна властивість.	[4, с. 3-7]; [2, с. 35, 40-45]
12	Стохастичні диференціальні рівняння. Броунівський рух зі зносом. Стохастичне диференціальне рівняння (stochastic differential equation, SDE) та його інтегральна форма. Інтеграл Іто. Метод Ейлера-Маруями (Euler-Maruyama method). Поняття сильної та слабкої збіжності. Геометричний броунівський рух.	[4, с. 12-23]
13	Пуассонівські процеси. Рахуючий процес. Інтенсивність. Однорідний процес Пуассона. Показниковий розподіл проміжків часу між подіями. Моделювання моментів надходження. Неоднорідний процес Пуассона. Зв’язок із марковськими стрибкоподібними процесами.	[1, с. 18-21]; [2, с. 46-54]

№	Назва теми лекції та перелік основних питань	Література
14	Моделювання гауссівських випадкових процесів за заданими характеристиками. Гауссівський процес та його характеристики. Скінченновимірні розподіли. Побудова коваріаційної матриці на заданій часовій сітці. Моделювання значень процесу як гауссівського випадкового вектора. Розклад Холецького (Cholesky decomposition). Побудова та аналіз реалізацій процесу.	[2, с. 35, 40-45]
15	Розв'язування задач математичної фізики методом Монте-Карло. Гармонічні функції та властивість середнього. Задача Діріхле для рівняння Лапласа. Імовірнісне представлення розв'язку. Побудова випадкових траєкторій. Метод випадкових сфер (Walk-on-Spheres). Оцінювання розв'язку та похибки наближення.	[6, с. 44-64, 76-92]; [7]

Практичні заняття

№	Тема практичного заняття та зміст	Лекції	Література
1	Генерація та тестування випадкових і псевдовипадкових чисел. Побудова послідовностей методом Лемера; дослідження періоду та залежності; емпірична функція розподілу; перевірка рівномірності за критеріями Колмогорова-Смірнова, Крамера-фон Мізеса та χ^2 Пірсона.	1-2	[1, с. 31-35, 52-58]
2	Моделювання дискретних та абсолютно неперервних випадкових величин. Метод оберненої функції; моделювання біноміального, пуассонівського, показникового розподілів і розподілу Коші.	3-4	[2, с. 7-16]; [1, с. 39-47]
3	Моделювання нормально розподілених випадкових величин і випадкових векторів. Перетворення Бокса-Мюллера (формули Вінера); моделювання $N(\mu, \sigma^2)$; випадкові вектори за умовними розподілами; гауссівський вектор із заданою коваріаційною матрицею; розклад Холецького.	5-6	[2, с. 80-86]; [1, с. 46, 59-62]
4	Наближене обчислення інтегралів методом Монте-Карло. Визначені, невласні та багатовимірні інтеграли; оцінювання похибки; стратифіковане моделювання, контрольні змінні, вибірка за важливістю.	7-8	[2, с. 17-26]; [5, с. 9, 13-14, 27-34, 51-65]
5	Моделювання випадкового блукання та ланцюгів Маркова. Генерація випадкового напряму; одно- та багатовимірне випадкове блукання; матриця перехідних імовірностей; моделювання траєкторій; стаціонарний розподіл.	9-10	[2, с. 28-40]; [3, с. 37-49]
6	Моделювання вінерівського процесу та стохастичних диференціальних рівнянь. Побудова траєкторій вінерівського процесу; броунівський рух зі зносом; метод Ейлера-Маруями; геометричний броунівський рух; дослідження впливу кроку дискретизації.	11-12	[4, с. 3-23]
7	Моделювання пуассонівських та гауссівських випадкових процесів. Моделювання однорідного і неоднорідного пуассонівських процесів; генерація моментів надходження подій; побудова коваріаційної матриці гауссівського процесу; моделювання реалізацій за допомогою розкладу Холецького; аналіз отриманих траєкторій.	13-14	[1, с. 18-21]; [2, с. 35, 40-54]
8	Модульна контрольна робота.	-	-

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Вивчення дисципліни включає наступні види самостійної роботи:

- підготовка до лекційних та практичних занять, виконання завдань для наступного практичного заняття;
- підготовка до модульної контрольної роботи;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- підготовка до екзамену.

Розрахунково-графічна робота спрямована на практичне застосування та алгоритмічну реалізацію методів стохастичного моделювання, опанованих у межах дисципліни. Тематика завдань охоплює моделювання пуассонівських і гауссівських випадкових процесів та/або застосування методу Монте-Карло до задач математичної фізики. Під час виконання роботи здобувач має обґрунтувати вибір алгоритму, реалізувати його, провести чисельний експеримент, проаналізувати отримані результати та оцінити точність наближення.

Граничний термін подання РГР - остання субота перед початком екзаменаційної сесії, у межах робочого часу викладача. Консультації щодо виконання РГР проводяться щосуботи відповідно до фактичного графіка консультацій.

Контрольні роботи

Запланована письмова модульна контрольна робота. Мета МКР - перевірити засвоєння ключових концепцій та алгоритмів дисципліни і здатність застосовувати їх до типових задач.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендовані методи навчання: опрацювання основної та додаткової літератури за тематикою лекцій, розв’язування задач, алгоритмічна реалізація методів та чисельний експеримент. На практичних заняттях оцінюється не лише коректність виконаного завдання, а насамперед здатність здобувача сформулювати концепцію методу, пояснити алгоритм, використані розподіли або припущення та інтерпретувати отриманий результат.

Після практичних занять 1-6 здобувач отримує завдання для самостійного виконання, яке є основою для оцінюваної активності на наступному практичному занятті. Упродовж семестру передбачено шість таких активностей. До стартового рейтингу зараховуються п'ять найкращих результатів. Відпрацювання такої активності під час наступних практичних занять не проводиться.

У разі пропуску практичного заняття з об’єктивної причини здобувач має повідомити про це викладача протягом одного робочого тижня з дати пропущеного заняття. Відпрацювання відповідної оцінюваної активності проводиться виключно під час консультацій - на найближчій консультації після усунення обставин, що перешкоджали участі в занятті. Граничний термін відпрацювання встановлюється викладачем з урахуванням фактичного графіка освітнього процесу та повідомляється здобувачам під час практичного заняття та/або через засоби комунікації курсу. Після встановленого граничного терміну додаткове відпрацювання не передбачається.

Активності, пропущені без об’єктивної причини або без повідомлення викладача протягом установленого терміну, не відпрацьовуються.

Усі письмові та програмні роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності. Використані зовнішні джерела та запозичені фрагменти коду мають бути належно зазначені.

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 та у Положенні про систему забезпечення академічної доброчесності в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»: https://document.kpi.ua/files/2026_HOD-623a.pdf.

Роботи, у яких виявлено ознаки академічної недоброчесності, анулюються. Подані розв’язки, програмні реалізації та звіти мають бути результатом самостійної роботи здобувача. Здобувач повинен бути готовим пояснити концепцію застосованого методу, власний алгоритм і отримані результати.

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

Поточний контроль в асинхронному режимі

Освітній компонент передбачає встановлення граничних термінів для подання РГР та, за потреби, відпрацювання пропущених оцінюваних активностей. Конкретні організаційні строки відпрацювань встановлюються з урахуванням фактичних умов освітнього процесу та повідомляються здобувачам через засоби комунікації курсу.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

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

Семестр	Навч. час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні	СРС	МКР	РГР	Семестр. атест.
2	5	150	30	16	100	2	2	екзамен

На першому занятті здобувачі ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання: https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/downloads/Pologennia_RSO_2025.pdf

Поточний контроль: оцінювана активність на практичних заняттях, МКР, РГР. Результати поточного контролю викладач регулярно заносить у модуль «Поточний контроль» системи Електронний кампус відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського: https://osvita.kpi.ua/node/32

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою отримання позитивної оцінки є значення поточного рейтингу здобувача не менше 50% від максимально можливого на час проведення такого контролю.

Рейтинг здобувача з дисципліни формується як сума стартового рейтингу (максимально 50 балів) та балів за екзамен (максимально 50 балів). Стартовий рейтинг складається з:

- шести оцінюваних активностей на практичних заняттях, з яких до рейтингу зараховуються п’ять найкращих результатів - до 15 балів;
- модульної контрольної роботи - до 15 балів;
- розрахунково-графічної роботи - до 20 балів.

Критерії оцінювання активності на практичних заняттях

Бал	Критерій
3	Завдання виконано коректно; здобувач самостійно формулює концепцію методу, пояснює алгоритм, використані розподіли або припущення, інтерпретує результат і коректно відповідає на уточнювальні запитання.
2	Завдання виконано повністю або переважно коректно; здобувач демонструє достатнє розуміння ідеї методу та алгоритму, але допускає окремі неточності або потребує уточнювальних запитань.
0	Завдання не виконано або не представлено у встановлений термін, або здобувач не демонструє мінімально достатнього розуміння застосованого методу та не може пояснити основні етапи власного розв’язання.

Кожна з шести оцінюваних активностей оцінюється максимум у 3 бали. До стартового рейтингу зараховуються п’ять найкращих результатів, тому максимальна сума за цей вид роботи становить 15 балів. У межах максимальної оцінки за одну активність до 1 бала припадає на коректність виконання, до 2 балів - на усне пояснення та розуміння методу.

Критерії оцінювання МКР

Бали	Критерій
14-15	Повне й коректне виконання завдань, правильне застосування методів та обґрунтовані висновки.
12-13	Загалом правильне виконання з окремими несуттєвими помилками або неточностями.
9-11	Основні методи обрано правильно, але наявні помилки в обчисленнях або реалізації чи неповне обґрунтування.
0	Результат нижче 9 балів або роботу не виконано.

Критерії оцінювання РГР

Бали	Критерій
18-20	Коректно сформульовано модель і алгоритм; реалізація працездатна; проведено достатній чисельний експеримент; результати проаналізовано й інтерпретовано; здобувач може пояснити прийняті рішення.
15-17	Роботу виконано правильно, але є окремі неточності в реалізації, аналізі результатів або обґрунтуванні.
12-14	Основний алгоритм реалізовано, однак наявні суттєві недоліки в аналізі, перевірці точності, оформленні або поясненні результатів.
0	Результат нижче 12 балів, роботу не подано у встановлений термін або вона не демонструє достатнього рівня самостійного виконання.

Форма семестрового контролю - екзамен. Виконання завдань екзаменаційного білета оцінюється від 0 до 50 балів. Позитивний результат екзаменаційного контролю відповідає не менше ніж 60% максимальної

екзаменаційної шкали. Умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 30 балів. Після екзамену стартові та екзаменаційні бали підсумовуються; підсумковий рейтинг визначається за 100-бальною шкалою.

Умови позитивної оцінки календарного контролю

Для отримання позитивного результату першого та другого календарного контролю здобувач повинен мати не менше 50% можливих на відповідний момент рейтингових балів. Перескладання позитивної підсумкової семестрової атестації з метою її підвищення не допускається відповідно до чинних нормативних документів КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Розмір стартової шкали RC = 50 балів. Розмір екзаменаційної шкали RE = 50 балів. Розмір шкали рейтингу R = RC + RE = 100 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Комунікація з викладачем. Позааудиторна комунікація здійснюється з використанням Електронного кампусу, платформи дистанційного навчання «Сікорський» та інших засобів комунікації курсу, повідомлених здобувачам на початку семестру.

Консультації. Консультації проводяться щосуботи відповідно до фактичного графіка. Під час консультацій здобувачі можуть ставити запитання щодо РГР та, за наявності об’єктивних причин пропуску, відпрацьовувати пропущені оцінювані активності відповідно до правил цього силабусу.

Дистанційна форма навчання. У разі дистанційної форми навчання заняття проводяться з використанням інформаційно-комунікаційних та мережевих технологій, платформ для відеоконференцій та системи Moodle на платформі «Сікорський». Організація контрольних заходів здійснюється відповідно до чинних нормативних документів КПІ ім. Ігоря Сікорського та фактичних умов освітнього процесу.

Семестровий контроль у дистанційному режимі проводиться відповідно до чинного регламенту КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: https://osvita.kpi.ua/node/148

Інклюзивне навчання. Освітній компонент може викладатися для здобувачів з особливими освітніми потребами з урахуванням доступних форматів навчання та технічних можливостей. Детальніше: https://osvita.kpi.ua/node/172

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: професором кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей, д.ф.-м.н., професором Івановим О.В.; старшим викладачем кафедри математичного аналізу та теорії ймовірностей, канд.ф.-м.н. Москвичовою К.К.

Ухвалено: кафедрою МАтаТЙ (протокол №16 від 17.06.2026 р.)

Погоджено: Методичною комісією ФМФ (протокол №11 від 26.06.2026 р.)