

Міністерство освіти і науки України
Міжнародний гуманітарний університет
Кафедра інформаційних технологій

Григор'єва Т.І.

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів
першого (бакалаврського) рівня спеціальності
«Інженерія програмного забезпечення»

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету.
Протокол № 5 від 20 січня 2025 р.

Гроигор'єва Т.І. Чисельні методи. Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Інженерія програмного забезпечення» [Електронне видання]. Кафедра інформаційних технологій Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. 13 с.

Методичні рекомендації для курсу «Чисельні методи» призначені для самостійної роботи здобувачів, що навчаються за першим (бакалаврським) рівнем за спеціальністю «Інженерія програмного забезпечення». Методичні рекомендації розроблені відповідно навчального плану. До складу методичних рекомендацій входять навчальна програма, теми практичних занять та самостійної роботи студентів. Матеріали призначено для студентів факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету.

Дисципліна «Чисельні методи» знайомить здобувачів із методами наближеного розв'язування математичних задач, що виникають під час розроблення програмного забезпечення, моделювання процесів та оброблення даних в інформаційних системах. Основна увага при вивченні дисципліни приділяється алгоритмам чисельного розв'язування рівнянь, інтерполяції та апроксимації функцій, чисельному інтегруванню, розв'язанню систем лінійних алгебраїчних рівнянь і диференціальних рівнянь, а також реалізації відповідних методів у програмних системах.

ЗМІСТ

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	6
3 ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	7
4 САМОСТІЙНА РОБОТА	7
5 ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	8
6 КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ	9
7 ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ	10
8 ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ.....	11
9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	12

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Чисельні методи» знайомить здобувачів із методами наближеного розв'язування математичних задач, що виникають під час розроблення програмного забезпечення, моделювання процесів та оброблення даних в інформаційних системах. Основна увага при вивченні дисципліни приділяється алгоритмам чисельного розв'язування рівнянь, інтерполяції та апроксимації функцій, чисельному інтегруванню, розв'язанню систем лінійних алгебраїчних рівнянь і диференціальних рівнянь, а також реалізації відповідних методів у програмних системах.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою дисципліни є формування компетентностей щодо застосування чисельних методів для розв'язування прикладних задач програмної інженерії, математичного моделювання та алгоритмічної реалізації наближених методів обчислень у програмних системах.

ПЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання та вміння, отримані здобувачами під час вивчення попередніх навчальних дисциплін бакалаврської підготовки: «Вища математика», «Дискретна математика», «Алгоритмізація та програмування».

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, можуть бути використані під час розроблення програмного забезпечення, пов'язаного з математичним моделюванням, аналізом даних та алгоритмічними обчисленнями, а також при виконанні індивідуальних проєктів, проходженні виробничої та переддипломної практик і написанні кваліфікаційної роботи.

Результати навчання та компетентності, заплановані освітньою програмою

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані завдання або практичні проблеми інженерії програмного забезпечення, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, із застосуванням теорій та методів інформаційних технологій

Загальні компетентності

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

K05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

K06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові (спеціальні) компетентності

K12. Здатність застосовувати базові математичні методи для аналізу та розв'язування задач програмної інженерії.

K13. Здатність формалізувати прикладні задачі та будувати математичні моделі процесів і систем.

K14. Здатність розробляти алгоритми розв'язування обчислювальних задач та реалізовувати їх у програмному забезпеченні.

K15. Здатність застосовувати чисельні методи для розв'язування задач аналізу даних і моделювання процесів у програмних системах.

Програмні результати навчання

ПР02. Знати та застосовувати основні математичні методи під час розв'язування задач програмної інженерії.

ПР05. Аналізувати та формалізувати прикладні задачі, будувати математичні моделі процесів і систем.

ПР06. Розробляти алгоритми розв'язування задач та реалізовувати їх у програмному забезпеченні.

ПР09. Застосовувати чисельні методи для виконання обчислювальних експериментів та аналізу результатів.

ПР10. Використовувати сучасні програмні засоби для реалізації математичних моделей і обчислювальних алгоритмів.

Результати навчання, заплановані навчальною дисципліною

Знання:

- методи наближення та апроксимації функцій;
- чисельні методи знаходження коренів алгебраїчних і трансцендентних рівнянь;
- чисельні методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь;
- методи обчислення власних значень і власних векторів матриць;
- методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій;
- методи чисельного інтегрування звичайних диференціальних рівнянь;
- принципи оцінювання похибок і точності чисельних обчислень.

Уміння:

- обґрунтовувати вибір чисельного методу для розв'язування конкретної прикладної задачі;
- застосовувати чисельні методи для розв'язування рівнянь, систем рівнянь та задач математичного моделювання;
- оцінювати точність отриманих результатів та ефективність обраних чисельних методів з урахуванням витрат обчислювального часу;
- реалізовувати алгоритми чисельних методів засобами програмування;
- використовувати наукову та технічну літературу для самостійного опанування чисельних методів.

Навички:

- формалізації прикладних задач у вигляді математичних моделей;
- застосування чисельних методів для розв'язування задач обчислювальної математики;
- програмної реалізації алгоритмів чисельних методів;
- аналізу точності та стійкості обчислювальних алгоритмів;
- використання чисельних методів у практичній діяльності в галузі інформаційних технологій.

2 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Заг.	у тому числі				Заг.	у тому числі			
		Лек.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.		Лек.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.
Тема 1. Основи теорії похибок.	30	8	8	0	14	30	2	2	0	26
Тема 2. Чисельні методи розв'язування рівнянь з однією змінною.	38	8	8	0	22	38	2	2	0	34
Тема 3. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	44	10	10	0	24	44	4	4	0	36
Тема 4. Чисельні методи наближення функцій.	38	8	6	0	24	38	2	2	0	34
Тема 5. Чисельне інтегрування і чисельне диференціювання.	30	6	6	0	18	30	2	2	0	26
Загалом	180	40	38	0	102	180	12	12	0	156
Підсумковий контроль – залік										

Тема 1. Основи теорії похибок.

Типи чисельних методів. Похибки обчислень. Основні задачі теорії наближених обчислень. Абсолютна та відносна похибки. Оцінка похибок значень функцій. Похибки при обчисленні наближених значень функції однієї та декількох змінної.

Тема 2. Чисельні методи розв'язування рівнянь з однією змінною.

Чисельні методи розв'язування нелінійних рівнянь з одним невідомим. Аналітичний та графічний методи відокремлення коренів. Метод хорд. Метод дотичних (метод Ньютона).

Тема 3. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Метод Гауса. Метод простої ітерації.

Тема 4. Чисельні методи наближення функцій.

Постановка задачі інтерполяції. Методи локальної і глобальної інтерполяції. Інтерполяційні поліноми Лагранжа, Ньютона. Багатоінтервальна інтерполяція. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів.

Тема 5. Чисельне інтегрування і чисельне диференціювання.

Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій, Симпсона. Чисельне диференціювання на основі інтерполяційних формул Лагранжа, Ньютона. Чисельні методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Методи Рунге–Кутта.

3 ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема 1. Основи теорії похибок.

Етапи розв'язування задач чисельними методами. Типи чисельних методів. Поняття ітераційного методу. Похибки обчислень. Прямі та обернені задачі теорії похибок. Абсолютна та відносна похибки. Оцінка похибок значень функцій. Похибки при обчисленні наближених значень функції однієї змінної. Похибки при обчисленні наближених значень функції декількох змінних.

Тема 2. Чисельні методи розв'язування рівнянь з однією змінною.

Чисельні методи розв'язування нелінійних рівнянь з одним невідомим. Аналітичний та графічний методи відокремлення коренів. Метод хорд. Метод дотичних (метод Ньютона).

Тема 3. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Метод Гауса. Метод простої ітерації.

Тема 4. Чисельні методи наближення функцій.

Постановка задачі інтерполяції. Методи локальної і глобальної інтерполяції. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Багатоінтервальна інтерполяція. Лінійна багатоінтервальна інтерполяція. Квадратична багатоінтервальна інтерполяція. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів. Лінійна апроксимація. Квадратична апроксимація. Степенева апроксимація.

Тема 5. Чисельне інтегрування і чисельне диференціювання.

Формули чисельного інтегрування. Метод прямокутників. Метод Симпсона (метод парабол). Чисельне диференціювання на основі інтерполяційних формул Лагранжа, Ньютона. Методи Рунге–Кутта розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.

4 САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів відносяться наступні види діяльності:

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Підготовка до практичних занять.
3. Консультації з викладачем впродовж семестру.
4. Ознайомлення з додатковою літературою відповідно до зазначених у програмі тем.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка індивідуальних завдань у вигляді презентацій або рефератів.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

Тема 1. Основи теорії похибок

Типи чисельних методів. Похибки обчислень. Основні задачі теорії наближених обчислень. Абсолютна та відносна похибки. Оцінка похибок значень функцій. Похибки під час обчислення наближених значень функції однієї змінної. Похибки під час обчислення наближених значень функції декількох змінних.

Тема 2. Чисельні методи розв'язування рівнянь з однією змінною

Чисельні методи розв'язування нелінійних рівнянь з однією змінною. Аналітичний та графічний методи відокремлення коренів. Метод хорд. Метод дотичних (метод Ньютона).

Тема 3. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь

Метод Гауса. Метод простої ітерації.

Тема 4. Чисельні методи наближення функцій

Постановка задачі інтерполяції. Методи локальної та глобальної інтерполяції. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Багатоінтервальна інтерполяція. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів.

Тема 5. Чисельне інтегрування і чисельне диференціювання

Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій та Симпсона. Чисельне диференціювання на основі інтерполяційних формул Лагранжа та Ньютона. Чисельні методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Методи Рунге–Кутта.

5 ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю		Складові оцінювання
Поточний контроль , який здійснюється під час проведення практичних (лабораторних) занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідної роботи здобувача тощо		100%
Підсумковий контроль – залік		
Методи діагностики знань (контролю)	Фронтальне опитування; наукова доповідь, реферат, усне повідомлення, індивідуальне опитування; робота у групах; ділова гра, розв'язання ситуаційних завдань, кейсів, виконання практичних завдань, залік	

Питання для підсумкового контролю

1. Етапи розв'язування задач чисельними методами.
2. Типи чисельних методів. Поняття ітераційного методу.
3. Похибки обчислень. Основні задачі теорії наближених обчислень.
4. Абсолютна та відносна похибки.
5. Оцінка похибок значень функцій.
6. Похибки при обчисленні наближених значень функції одної змінної.
7. Похибки при обчисленні наближених значень функції декількох змінних.
8. Чисельні методи розв'язування нелінійних рівнянь з одним невідомим.
9. Аналітичний та графічний методи відокремлення коренів.
10. Метод хорд.
11. Метод дотичних (метод Ньютона).
12. Методи розв'язування систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса.
13. Метод простої ітерації.
14. Постановка задачі інтерполяції.
15. Методи локальної і глобальної інтерполяції.

16. Інтерполяційний поліном Лагранжа.
17. Інтерполяційний поліном Ньютона.
18. Багатоінтервальна інтерполяція. Лінійна багатоінтервальна інтерполяція. Квадратична багатоінтервальна інтерполяція.
19. Реалізація методів апроксимації функцій засобами програмування.
20. Апроксимація, інтерполяція та екстраполяція.
21. Постановка задачі апроксимації і метод найменших квадратів.
22. Лінійна апроксимація. Квадратична апроксимація. Степенева апроксимація.
23. Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій, Симпсона.
24. Чисельне диференціювання на основі інтерполяційної формули Лагранжа. Чисельне диференціювання на основі інтерполяційних формул Ньютона.
25. Чисельні методи розв'язування звичайних диференціальних рівнянь.
26. Методи Рунге–Кутта розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.
27. Побудова математичних моделей на основі аналізу реальних даних та опису процесів.

6 КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	60
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка результатів індивідуального тестування, перевірка конспектів лекцій, перевірка рефератів	20
Виконання індивідуальних завдань (дослідна робота здобувача)			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	20
Разом балів за поточний контроль			100
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю залік (максимум 100 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

– за підготовку до аудиторних занять (максимум 60 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 12;

– за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переводу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4;

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 20- балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, показує вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання в практичній площині.

7 ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– «Відмінно»/«зараховано» (А) – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та практичних заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– «Добре»/«зараховано» (В) – від 82 до 89 балів. Здобувач 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 практичних заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– «Добре»/«зараховано» (С) – від 74 до 81 балів. Здобувач 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, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Добувач був присутній не на всіх лекціях та практичних 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 та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних 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. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 0 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальна шкала	Шкала за ECTS	Національна шкала	
		Екзамен	Залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	Зараховано
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	Зараховано
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
0-34	F		

8 ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України «Про освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст. 2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.2018), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «Положенні про академічну доброчесність у Міжнародному гуманітарному університеті», «Кодексі академічної доброчесності Міжнародного гуманітарного університету» та «Інструкції щодо процедури технічної перевірки на наявність текстових запозичень (академічного плагіату)», затвердженої наказом Міжнародного гуманітарного університету № 708а від 03.05.2024.

Відповідно до ст. 42 Закону України «Про освіту» академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

9 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Стрелковська І. В., Паскаленко В. М. Вища математика для фахівців у галузі зв'язку. Ч. 5. Одеса: ВМВ, 2018. 508 с.
2. Стрелковська І. В., Паскаленко В. М. Диференціальні рівняння для фахівців у галузі ІТ. Одеса: ОНАЗ, 2018. 188 с.
3. Волонтир Л. О., Зелінська О. В., Потапова Н. А., Чіков І. А. Чисельні методи: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 322 с.
4. Крилик Л. В., Богач І. В., Прокопова М. О. Обчислювальна математика. Інтерполяція та апроксимація табличних даних: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 111 с.
5. Нещади́м О. М., Панкратьєв В. О. Чисельні методи: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів ступеня «бакалавр» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Київ: Компрінт, 2019. 96 с.
6. Задачин В. М., Конюшенко І. Г. Чисельні методи: навчальний посібник. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. 180 с.
7. Панкратьєв В. О., Шукайло Є. М. Чисельні методи в інформатиці: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерні науки». Київ: НУБіП України, 2011. 76 с.

Допоміжна

8. Стрелковська І. В., Паскаленко В. М. Теорія ймовірностей та випадкові процеси (для фахівців у галузі ІТ). Одеса: ОНАЗ, 2018. 384 с.
9. Стрелковська І. В., Паскаленко В. М. Математична статистика. Одеса: ОНАЗ, 2019. 110 с.
10. Лук'яненко С. О. Числові методи в інформатиці: навчальний посібник. 2-ге вид., доп. та випр. Київ: НТУУ «КПІ», 2012. 160 с.
11. Крижанівська Т. В., Бойцова І. А. Конспект лекцій з дисципліни «Чисельні методи». Одеса, 2013. 152 с.
12. Чорний О. П., Титюк В. К., Істоміна Н. М. та ін. Математичні методи моделювання: навчальний посібник / за ред. О. П. Чорного. Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2016. 232 с.

Інформаційні ресурси

13. Probability Theory and Mathematical Statistics. URL: <https://probability.knu.ua/tims/>
14. American Mathematical Society Publications. URL: <https://www.ams.org/publications/journals>

Навчальне видання

Григор'єва Тетяна Ігорівна

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів, першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Інженерія програмного забезпечення»

Українською мовою