

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова Атестаційної комісії
факультету прикладної математики

Декан _____ І. А. Дичка

« 14 » « лютого » 2022 р.

м.п.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування

для вступу на освітню програму підготовки магістра
«Наука про дані та математичне моделювання»
за спеціальністю 113 Прикладна математика

Програму рекомендовано кафедрою
прикладної математики

Протокол № 7 від 09 лютого 2022 р.

Завідувач кафедри _____ О. Р. Чертов

Київ – 2022

ВСТУП

До комплексного фахового випробування включені такі дисципліни:

- Дискретна математика; Математична логіка та теорія алгоритмів;
- Диференціальні рівняння;
- Програмування;
- Математичне моделювання.

**РОЗДІЛИ ДИСЦИПЛІН,
що виносяться на комплексне фахове випробування**

**ДИСКРЕТНА МАТЕМАТИКА. МАТЕМАТИЧНА ЛОГІКА ТА
ТЕОРІЯ АЛГОРИТМІВ**

Операції над відношеннями. Властивості відношення

Декартів добуток множин. Поняття бінарного відношення. Область визначення і область значень відношень. Способи завдання відношень. Операції над відношеннями. Властивості відношень на множині.

Відображення.

Відповідності і відображення. Види відображень. Функції. Композиція відображень. Властивості композиції відображень.

Неорієнтовані графи

Основні поняття для неорієнтованих графів. Матриця суміжності. Матриця інцидентності. Визначення степенів вершин. Діаметр, радіус, центри графа. Ейлерів обхід графа. Гамільтонів цикл.

Орієнтовані графи

Основні поняття для орієнтованих графів. Матриці суміжності, інцидентності. Степені напівстепені вершин. Побудова матриці відстаней. Ступені зв'язності орграфа. Поняття вершинної бази, компоненти сильної зв'язності, конденсація орграфа.

Нечіткі множини. Поняття лінгвістичної змінної

Нечіткі множини. Основні поняття. Операції над нечіткими множинами. Відстань Хеммінга і Евкліда. Поняття лінгвістичної змінної. Нечіткі відношення: визначення, властивості, операції.

Булеві функції. Основні аксіоми і теореми булевої алгебри

Булева алгебра : булева змінна, булева функція, поняття набору. Функції від однієї і двох змінних, їх кількість. Основні аксіоми і теореми булевої алгебри.

Булева формула. Еквівалентні перетворення

Поняття булевої формули, пріоритети операцій. Еквівалентні перетворення формул в булевій алгебрі. Побудова СДНФ за допомогою еквівалентних перетворювань. Формули - тавтології, протиріччя.

Довершені диз'юнктивні і кон'юнктивні нормальні форми булевих функцій

Визначення диз'юнкта, кон'юнкта, конституенти одиниці, конституенти нуля. Визначення ДНФ, КНФ, ДДНФ, ДКНФ. Побудова СДНФ та СКНФ по таблиці істинності.

Алгебра Жегалкіна

Алгебра Жегалкіна. Визначення полінома Жегалкіна. Теорема о представленні булевих функцій за допомогою канонічного полінома Жегалкіна. Побудова полінома Жегалкіна.

Властивості булевих функцій

Властивості булевих функцій: монотонність, самоподвійність, лінійність, збереження нуля і одиниці. Замкнуті класи булевих функцій. Теореми о замкнутих класах для функцій, що відповідають властивостям T_0 , T_1 , S , M , L .

Визначення функціонально повної системи операцій в булевій алгебрі

Замкнуті класи булевих функцій. Визначення функціонально повної системи операцій в булевій алгебрі. Теорема Поста. Базис. Приклади.

Визначення мінімальних ДНФ і КНФ по діаграмах Вейча

Діаграми Вейча для функцій від 1, 2, 3 і 4 змінних. Визначення мінімальних ДНФ і КНФ по діаграмах Вейча. Інші методи визначення мінімальних ДНФ та КНФ.

Алгебра висловлювань

Методологічні принципи формальної логіки – основні тотожності. Визначення алгебри висловлювань. Просте висловлювання. Визначення. Приклади. Складне висловлювання. Використання логічних зв'язок для формалізації складних висловлювань.

Визначення формули алгебри висловлювань. Способи доведення тавтологій

Визначення формули алгебри висловлювань. Тавтології. Здійснені формули. Протиріччя. Способи доведення тавтологій.

Формальний висновок.

Метатеорема про тавтології. Правила формального виведення. Формалізація задач природної мови засобами логіки висловлювань та отримання логічного висновку.

Операції над предикатами.

Предикати. Операції над предикатами. Навіщування кванторів. Область дії квантора. Вільні і зв'язані змінні.

Формалізація речень природної мови

Формалізація речень природної мови. Привести приклади. Основні схеми міркувань.

Метод резолюції

Основна ідея методу резолюції. Правило резолюцій Робінсона. Отримання резольвент, побудова резолютивного висновку. Приклад застосування методу резолюцій для перевірки істинності логічного висновку в логіці висловлювань.

Машина Тюрінга

Машина Тюрінга. Приклади.

Нормальний алгоритм Маркова

Нормальний алгоритм Маркова. Приклади.

Абстрактні автомати

Аналіз функціонування заданої схеми абстрактного автомату.

Основи функціонального програмування

Особливості функціонального програмування – низхідна та висхідна рекурсії.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНІ РІВНЯННЯ

РОЗДІЛ 1 РІВНЯННЯ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Тема 1.1 Інтегровані типи рівнянь першого порядку, що розв'язні відносно похідної.

Тема 1.2 Елементи теорії метричних просторів. Теореми існування та єдиності.

Тема 1.3 Рівняння першого порядку, що нерозв'язні відносно похідної

РОЗДІЛ 2 РІВНЯННЯ ВИЩИХ ПОРЯДКІВ

Тема 2.1 Диференціальні рівняння вищих порядків

Тема 2.2 Лінійні диференціальні рівняння n -ого порядку

РОЗДІЛ 3 КРАЙОВІ ЗАДАЧІ.

Тема 3.1 Крайові задачі для диференціальних рівнянь другого порядку

Тема 3.2 Задача Штурма-Ліувілля

РОЗДІЛ 4 СИСТЕМИ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ПЕРШОГО ПОРЯДКУ

Тема 4.1 Системи лінійних рівнянь зі сталими коефіцієнтами

Тема 4.2 Лінійні системи та експоненти операторів

Тема 4.3 Автономні системи. Фазові портрети.

Тема 4.4 Стійкість розв'язків за Ляпуновим

РОЗДІЛ 5 РІВНЯННЯ В ЧАСТИННИХ ПОХІДНИХ

Тема 5.1 Основи теорії рівнянь в частинних похідних першого порядку

ПРОГРАМУВАННЯ

Розділ 1. Основи програмування (на основі мови програмування Python)

1. Огляд основних парадигм програмування (процедурна, об'єктно-орієнтована, функціональна парадигми).
2. Арифметичні та логічні основи комп'ютерів (Етапи обробки даних та структура засобів програмування. Етапи трансляції: компілятори та інтерпретатори, компонувальники, бібліотеки, налагоджувачі. Машино-залежні та машино-незалежні аспекти трансляції. Системи числення. Двійкова система числення. Шістнадцяткова система числення. Прямий та обернений код. Додатковий код. Переведення цілих чисел із однієї системи числення в іншу. Переведення дробових чисел із однієї системи числення в іншу).
3. Основи алгоритмізації (Побудова алгоритму як перший етап вирішення задачі. Визначення та властивості алгоритму. Форми зображення алгоритмів. Схема алгоритму. Зображення циклічних структур в блок-схемах. Зображення умовних структур в блок-схемах. Діаграма дій. Умовні структури в діаграмах дій. Циклічні структури в діаграмах дій).
4. Команди та дані (Представлення даних в оперативній пам'яті. Структури керування. Обчислення, перевірка та перехід. Найпростіша програма. Розділ описування даних. Розділ виконання. Оператори перетворення даних. Організація простого введення/виведення даних).
5. Синтаксис та семантика високорівневих мов програмування (Основні елементи мови. Алфавіт, ідентифікатори, константи, змінні. Вирази. Типи даних. Стандартні типи даних. Цілі та дійсні типи даних. Логічний тип. Символьний тип. Бітовий тип. Правила обчислення виразів. Вираз. Операції і їх пріоритети. Арифметичні операції. Логічні операції. Операції порівняння. Використання дужок. Оператори мови. Складний оператор. Оператор присвоєння. Умовний оператор. Оператор вибору. Мітки. Програмування розгалужених і циклічних процесів).
6. Прості та складні типи даних (Типи даних. Порядкові, дійсні типи. Дані типу рядок. Обмежений тип. Діапазон. Перелічувальний тип. Змінні, константи, Прості типи даних. Масиви. Описування масивів. Одномірні та багатомірні масиви. Використання елементів масивів. Операції з масивами. Дії з матрицями. Записи. Описування записів. Поля. Записи з варіантами. Множини. Описування множин. Арифметичні операції над множинами. Операції порівняння. Операція належності. Використання операцій над множинами. Файли. Типізовані файли. Текстові файли. Нетипізовані файли).

Розділ 2. Процедурне програмування (на основі мови програмування C)

1. Базові типи даних, операції та вирази. Правила приведення типів даних у виразах.
2. Елементарне введення/виведення. Стандартні потоки. Внутрішні форматні перетворення. Функції неформатного вводу та виводу.
3. Оператори управління та локалізація імен.
4. Декларації та застосування функцій. Управління аргументами. Правила областей бачення імен. Рекурсивні функції.
5. Вказівники. Адресні операції. Родовий вказівник. Адресна арифметика. Масиви. Декларація, ініціювання та індексація. Зв'язок з вказівниками.

6. Моделі пам'яті. Модифікатори типів вказівників. Вказівники на функції та їх модифікатори. Масиви вказівників на функції.
7. Символьні масиви та функції роботи з літерами та строками.
8. Записи та об'єднання. Поля біт в структурах.
9. Застосування записів для представлення черг, списків, стеків та дерев. Проходження списків та дерев.
10. Введення/виведення та управління файлами і каталогами.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

РОЗДІЛ 1. Моделі типу вхід/вихід (black box)

1. Дані та моделі. Задачі симуляції, ідентифікації та прийняття рішень.
2. Алгебраїчні та матричні моделі (лінійні оператори).
3. Система матричного моделювання Matlab та система імітаційного моделювання Simulink. Система Jupiter Notebook.

РОЗДІЛ 2. Моделі у вигляді диференціальних рівнянь та їх застосування

1. Види диференціальних рівнянь та задача Коші.
2. Приклад: другий закон Ньютона.
3. Приклад: моделювання епідемій, SIR-моделі.

РОЗДІЛ 3. Оптимізаційні моделі та їх застосування

1. Моделі лінійного, динамічного, цілочисельного та нелінійного програмування.
2. Багатокритеріальні моделі, модель фінансового портфелю Марковиця.
3. Моделі стохастичного програмування, стохастичні градієнтні методи.

РОЗДІЛ 4. Моделі у вигляді випадкових процесів

1. Марківські ланцюги.
2. Процес Пуассона та вінерівський процес.
3. Процеси ризику та їх застосування у страховій математиці.

РОЗДІЛ 5. Моделі дослідження операцій

1. Імітаційні моделі, генератори випадкових величин .
2. Моделі масового обслуговування.
3. Ігрові моделі.

РОЗДІЛ 6. Моделі машинного навчання та штучного інтелекту

1. Регресійні моделі та авторегресійні моделі.
2. Моделі та методи класифікації.
3. Моделі у вигляді штучних нейронних мереж. Сучасні методи навчання нейронних мереж (стохастичні градієнтні методи, адаптивні методи (AdaGrad, Adam). Системи TensorFlow, Keras.

ОПИС ЗАВДАНЬ КОМПЛЕКСНОГО ФАХОВОГО ВИПРОБУВАННЯ

Комплексне фахове випробування проводиться у письмовій формі. Його тривалість – дві академічні години (90 хв.) без перерви. Під час комплексного фахового випробування користуватися будь-якою допоміжною літературою заборонено.

Екзаменаційний білет комплексного фахового випробування містить три питання.

Перше з них – практичне, по розділах дисципліни «Дискретна математика; Математична логіка та теорія алгоритмів». Типи завдань наступні: дослідження властивостей відношень та відображень, неорієнтовані графи, побудова таблиць істинності булевих функцій та дослідження їх властивостей, перевірка формул алгебри множин на тавтологію та спрощення, перевірка логічного висновку методом резолюцій, нормальний алгоритм Маркова, машина Тюрінга, аналіз абстрактних автоматів, операції із нечіткими підмножинами, формалізація речень природної мови в логіці предикатів.

Друге питання – практичне, по розділах дисциплін «Диференціальні рівняння» або «Програмування». Типи завдань з дисципліни «Диференціальні рівняння» наступні: розв’язання лінійних рівнянь вищих порядків зі сталими коефіцієнтами, побудова функції Гріна крайової задачі, розв’язання задачі Штурма-Ліувілля для крайових задач, розв’язання рівнянь вищих порядків, що припускають зниження порядку, розв’язання однорідних та неоднорідних систем лінійних рівнянь першого порядку, побудова фазових портретів динамічних систем на площині, розв’язання лінійних рівнянь у частинних похідних першого порядку, знаходження нерухомих точок нелінійних систем та дослідження їх на стійкість за Ляпуновим. Типи завдань з дисципліни «Програмування»: перевести число із однієї системи числення в іншу, записати заданий алгоритм через блок-схему чи на мові програмування Python або C, знайти помилки в заданому фрагменті програми на мові програмування Python або C, визначити, що буде результатом роботи заданого фрагменту програми на мові програмування Python або C.

Третє питання — на креативність, вміння формалізувати поставлену задачу та запропонувати математичну модель для її опису, дослідження, оптимізації; по розділах дисципліни «Математичне моделювання».

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ комплексного фахового випробування

Згідно з Правилами прийому на навчання за освітньо-професійною та освітньо-науковою програмами підготовки магістра на факультет прикладної математики екзаменаційний білет містить три питання. Відповідь на перше та друге практичні запитання оцінюється за 30-бальною шкалою (табл. 1), а на третє творче питання білета оцінюється за 40-бальною системою (табл. 2).

Оцінка, яку студент отримує за відповідь на кожне питання, визначається за системою балів, поданою нижче. Критерії оцінювання наведені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1

Бали	Характеристика відповіді
30-27	Повна ґрунтовна відповідь на запитання з відповідними поясненнями.
26-23	Отримана правильна відповідь, але хід розв'язання задачі наведений не повністю або відсутня одна позиція відповіді.
22-18	Отримана правильна відповідь, але в ході розв'язку були неточності .
17-14	Хід розв'язку задачі правильний, але відповідь не зовсім точна.
13-10	Хід розв'язку задачі правильний, але відповідь містить неточності чи некоректності.
9-5	Хід розв'язку задачі неправильний, і відповідь містить неточності та некоректності. Наведені лише деякі відповіді.
4-1	Завдання почали виконувати, але не отримано коректних правильних відповідей.
0	Відповідь на питання відсутня.

Таблиця 2

Бали	Характеристика відповіді
40-35	Повна ґрунтовна відповідь на запитання з відповідними поясненнями.
34-30	Правильна відповідь, але хід міркувань наведений не повністю або відсутня одна позиція відповіді.
29-24	Правильна відповідь, але з деякими неточностями, або неповна (освітлено не менше двох третин питання).
23-18	Відповідь не зовсім точна або неповна (освітлено не менше половини питання).
17-12	Відповідь приблизна, містить неточності чи некоректності, або неповна (не менше третини інформації).
11-7	Відповідь здебільшого невірна, містить некоректності. Наведена невелика частина відповіді (не менше чверті інформації).
6-1	Завдання почали виконувати, але не наведено коректних правильних відповідей.
0	Відповідь на питання відсутня.

Бали за всі три питання білету підсумовуються (максимальна можлива кількість балів: 100 балів) за університетською шкалою PCO.

При обчисленні конкурсного бала застосовується шкала оцінювання ЄВІ 100...200 балів. Перерахунок оцінки рейтингової системи оцінювання в шкалу ЄВІ здійснюється за Таблицею 3.

Таблиця 3

Таблиця відповідності оцінок PCO (60...100 балів) оцінкам ЄВІ (100...200 балів)

Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ	Оцінка PCO	Оцінка ЄВІ
60	100,0	70	125,0	80	150,0	90	175,0
61	102,5	71	127,5	81	152,5	91	177,5
62	105,0	72	130,0	82	155,0	92	180,0
63	107,5	73	132,5	83	157,5	93	182,5
64	110,0	74	135,0	84	160,0	94	185,0
65	112,5	75	137,5	85	162,5	95	187,5
66	115,0	76	140,0	86	165,0	96	190,0
67	117,5	77	142,5	87	167,5	97	192,5
68	120,0	78	145,0	88	170,0	98	195,0
69	122,5	79	147,5	89	172,5	99	197,5
						100	200,0

Якщо вступник на комплексному фаховому випробуванні отримав оцінку нижчу за 60 балів або не з'явився на випробування без поважної причини, то вважається, що він не склав вступне випробування, і до подальшої участі в конкурсі він не допускається.

Перескладання комплексного фахового випробування з метою підвищення оцінки не дозволяється.

Вступник може подати апеляцію щодо результату відповідного комплексного фахового випробування лише в день оголошення результатів комплексного фахового випробування.

ПРИКЛАД ТИПОВОГО ЗАВДАННЯ
комплексного фахового випробування

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

(назва вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

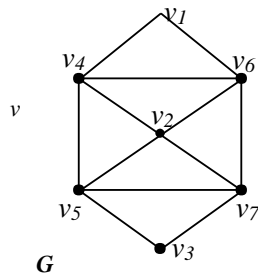
(назва факультету)

Спеціальність 113 прикладна математика
(код) (назва)

КОМПЛЕКСНЕ ФАХОВЕ ВИПРОБУВАННЯ

ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № 13

1. Дослідити неорієнтований граф, наведений на рисунку, а саме: визначити ступені вершин, діаметр графа. Чи є граф Гамільтоновим і Ейлеровим? Поясніть.



2. Побудувати фазовий портрет системи

$$\begin{cases} x' = 2x - 3y \\ y' = x + 4y \end{cases}$$

3. Вас попросили оптимізувати маршрут вітрильника у навколосвітніх перегонах Volvo Ocean Race. Як Ви це будете робити? Спробуйте дати відповіді на питання:
- А. Як формалізувати задачу?
 - Б. Яка інформація про судно Вам потрібна?
 - В. Які критерії впливають на вибір маршруту?
 - Г. Сформулюйте оптимізаційну задачу.

Затверджено на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол № від 20 р.

Зав. кафедри Чертов О. Р.

(підпис) (прізвище, ініціали)

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

I. Дискретна математика; Математична логіка та теорія алгоритмів

1. Бардачов Ю.М., Соколова Н.А., Ходаков В.Є. Дискретна математика. – К.: Вища школа. 2002. - 287с.
2. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Радио и связь, 1982 – 432 с.
3. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженеров. – СПб: Издательство «Лань», 2009. – 400 с.
4. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Дискретна математика. К.: Видавнична група ВНУ. 2007. – 368 с.
5. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Системи штучного інтелекту: Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія-2006», 2010. – 279 с.
6. Темнікова О.Л. Дискретна математика: Конспект лекцій (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання»/ О.Л.Темнікова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 154 с.
7. Темнікова О.Л. Дискретна математика: Конспект лекцій (Частина 2) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання» КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,84 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 128 с.
8. Темнікова О.Л. Математична логіка. Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані та математичне моделювання»; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 76 с.

II. Диференціальні рівняння

1. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння. Підручник. 2-е видання. – Київ: Либідь, 2003. 600 с.
2. Ляшко І. І., Боярчук О. К., Гай Я. Г., О. Ф. Калайда О. Ф. Диференціальні рівняння. Підручник. – Київ: Вища школа, 1981. 504 с.
3. Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О. Диференціальні рівняння та рівняння математичної фізики. Підручник. – Львів, 2012. 362 с.
4. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк М.О., Диференціальні рівняння у задачах. Навчальний посібник. – Київ.: Либідь, 2003, 504 с.
5. Hirsch M., Smale S. Differential equations. Dynamical systems and linear algebra. Academic press. N.Y., San Fr., Lond. 1974. 360 p.

III. Програмування

1. Вінник В.Ю. Алгоритмічні мови та основи програмування.: мова С / В.Ю. Вінник –Житомир: ЖДТУ, 2007. – 328 с.
2. Седжвик Р., Уэйн К., Дондеро Р. Программирование на языке Python: учебный курс / Р. Седжвик, К. Уэйн, Р. Дондеро [пер. с англ.]. – СПб. : ООО «Альфа-книга», 2017. – 736 с.
3. Хахаев И.А. Практикум по алгоритмизации и программированию на Python : / И.А. Хахаев – М. : Альт Линукс, 2010. – 126 с
4. Програмування на мові PYTHON: інструкції до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Програмування-1. Основи програмування» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 113 Прикладна математика, спеціалізації «Наука про дані та математичне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Громова. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 166 с.
5. Олефір О.С. Основи програмування. Частина 1 [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів які навчаються за спеціальністю 113 «Прикладна математика» за спеціалізацією «Наука про дані та математичне моделювання» / О. С. Олефір ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані, 2021, - 40 с.
6. ПРОГРАМУВАННЯ-2. Мова С [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», освітньої програми «Наука про дані (Data Science) та математичне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Н. Д. Любашенко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 144 с.
7. Програмування мовою С: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із кредитного модуля «Програмування-2. С» для студентів спеціальності «Прикладна математика» [Текст] / В. В. Громова. — К. : НТУУ «КПІ», 2016. — 193 с.

IV. Математичне моделювання

1. Математичне моделювання: комп'ютерний практикум з дисципліни «Математичне моделювання: навч. посіб. / Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 58 с.
2. Методи оптимізації : підручник / В. В. Ладогубець, Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 229 с.
3. Методи оптимізації [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 113 «Прикладна математика», спеціалізації «Наука про дані та математичне моделювання» / В. В. Ладогубець, Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,603 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 229 с. українською мовою; Ухвалено Вченою радою № 6; дата 04.06.2018
4. Волошин, О. Ф. Моделі та методи прийняття рішень : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / О. Ф. Волошин, С. О. Мащенко. - 2-ге вид., перероб. та допов. - К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010. - 336 с.
5. Хвищун І.О. Програмування і математичне моделювання: Підручник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 544 с.

6. Норкин Б.В. Математические модели оптимизации страхового дела // Кибернетика и системный анализ. – 2011. – №1. – С. 128-145.

7. Норкин Б.В. Системный имитационный анализ и оптимизация страхового бизнеса // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – №2. – С.112-125.

Розробники програми:

доцент каф. ПМА

Олефір О. С.

професор каф. ПМА

Лось В. М.

старший викладач каф. ПМА

Темнікова О. Л.

доцент каф. ПМА

Норкін Б. В.