

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Математичного моделювання та штучного інтелекту (№ 304)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи

 О.Г. Ніколаєв

« 01 » 09 2020 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Методи оптимізації та дослідження операцій

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 124 «Системний аналіз»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Системний аналіз і управління

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2020 рік

Силабус Методи оптимізації та дослідження операцій

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 124 «Системний аналіз»

освітньою програмою Системний аналіз і управління

« 28 » серпня 2020 р., – 18 с.

Розробник: Яковлев С. В., професор каф. 304, д.ф.-м.н., професор

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Силабус розглянуто на засіданні кафедри математичного моделювання та штучного інтелекту

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » 08 2020 р.

Завідувач кафедри д.т.н., проф.

(науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)

А. Г. Чухрай

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 124 «Системний аналіз»

Освітня програма: «Системний аналіз і управління»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Форма навчання: денна

Семестр, в якому викладається дисципліна: 5-й і 6-й

Дисципліна: обов'язкова

Загальна кількість годин/ кредитів за навчальним планом: 255 годин/ 8,5 кредитів ЄКТС

Види занять: лекції, практичні заняття, лабораторні роботи

Вид контролю: іспити

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надання студентам уявлення про принципи і методи математичного моделювання операцій; придбання та застосування на практиці знань про пакети прикладних програм спеціального призначення MathCAD, MATLAB (GNU Octave), MS Excel для вирішення інженерних задач за допомогою методів оптимізації та дослідження операцій.

Завдання: ознайомлення з основними типами задач дослідження операцій і методами їх вирішення для практичного застосування; вивчення і освоєння методів математичного програмування найбільш часто використовуваних при вирішенні оптимізаційних задач; формування практичних навичок застосування методів і алгоритмів оптимізації в своїй діяльності; освоєння шляхів використання сучасних спеціалізованих пакетів прикладних програм.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні набути такої **інтегральної** компетентності:

здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачають застосування теоретичних положень та методів системного аналізу та інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

ЗК-1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК-2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК-7 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК5. Здатність спілкуватися державною мовою усно і письмово

ЗК-9 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації

ФК-5 Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування.

ФК-8 Здатність організовувати роботу з аналізу та проектуванню складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмного забезпечення.

Програмні результати навчання:

ПРН 1. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фур'є, векторну та лінійну алгебру, аналітичну геометрію та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу.

ПРН 2. Вміти використовувати стандартні схеми та методи для розв'язання обчислювальних, комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою, застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій, тощо.

ПРН 3. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів, використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів.

ПРН4. Знати та вміти застосовувати базові методи якісного аналізу та інтегрування звичайних диференціальних рівнянь і систем, диференціальних рівнянь у частинних похідних, в тому числі рівнянь математичної фізики.

ПРН 7. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, прийняття рішень та вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.

Міждисциплінарні зв'язки: для вивчення дисципліни Методи оптимізації та дослідження операцій необхідно володіти запасом знань таких дисциплін, як математичний аналіз, алгебра та геометрія, диференціальні рівняння, програмування, методи обчислень. В подальшому знання з дисципліни Методи оптимізації та дослідження операцій стануть основою для вивчення таких дисциплін, як «Методи цілочисельної оптимізації», «Системний аналіз» та «Системи та методи прийняття рішень» та ін.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

Теоретичні засади методів оптимізації

Тема 1. Введення в теорії оптимізації. Постановка задачі оптимізації. Поняття локального і глобального екстремумів задачі. Задачі безумовної оптимізації. Необхідні та достатні умови екстремума. Задачі умовної оптимізації. Лінії рівня функції. Класична задача на умовний екстремум. Функція Лагранжа. Необхідні умови екстремума. Графічно-аналітичний метод ($n = 2$).

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, лабораторні роботи – 0, самостійна робота – 6.

Тема 2. Опуклі множини. Опуклі функції. Теореми про властивості опуклих функцій. Задача опуклої оптимізації.

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, лабораторні роботи – 0, самостійна робота – 6.

Тема 3. Диференційні умови оптимальності в задачах математичного програмування. Принцип Лагранжа. Етапи розв'язання задач математичного програмування.

Кількість годин на тему – 14, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, лабораторні роботи – 0, самостійна робота – 6.

Тема 4. Основи теорії подвійності. Вектор Куна-Таккера. Співвідношення двоїстості.

Кількість годин на тему – 11, з них лекції – 2, практичні заняття – 4, лабораторні роботи – 0, самостійна робота – 5.

Тема 5. Класифікація задач математичного програмування. Задачі лінійної, квадратичної, опуклої, дискретної оптимізації.

Кількість годин на тему – 11, з них лекції – 2, практичні заняття – 4, лабораторні роботи – 0, самостійна робота – 5.

Модульний контроль – 2.

Змістовий модуль 2

Чисельні методи оптимізації

Тема 6. Чисельні методи оптимізації. Основні поняття і означення. Збіжність чисельних методів оптимізації. Критерії зупинки. Абсолютна та відносна похибка.

Кількість годин на тему – 9, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 2, самостійна робота – 5.

Тема 7. Чисельні методи оптимізації функції однієї змінної. Оптимізація унімодальних функцій. Метод дихотомії. Метод золотого січення. Метод Фібоначчі.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 4, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 2, самостійна робота – 6.

Тема 8. Чисельні методи безумовної оптимізації. Методи спуску. Множина допустимих напрямків. Множина напрямків спадання функції. Основні теореми.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 2, самостійна робота – 6.

Тема 9. Градієнтні методи. Градієнтний метод із дробленням шагу. Метод найшвидшого спуску. Метод покоординатного спуску. Метод спряжених градієнтів.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 4, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 2, самостійна робота – 6.

Тема 10. Метод Ньютона. Квазі-ньютонівські методи.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 4, самостійна робота – 6.

Тема 11. Чисельні методи нелінійного програмування. Метод штрафних функцій.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 2, практичні заняття – 0, лабораторні роботи – 4, самостійна робота – 6.

Модульний контроль – 2.

Модуль 2

Змістовий модуль 3

Лінійне програмування

Тема 12. Задачі лінійного програмування. Форми запису задач лінійного програмування (ЛП), їх еквівалентність та способи перетворень. Властивості розв'язків задач ЛП. Геометрична інтерпретація та графічний метод розв'язування задач лінійного програмування.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 13. Симплексний метод розв'язання задач лінійного програмування. Симплекс таблиця. Загальна ідея та побудова початкового опорного плану. Ознаки оптимальності опорного плану. Економічний сенс.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 4.

Тема 14. Подвійні задачі лінійного програмування. Квадратичне програмування. Еквівалентні форми запису.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 15. Цілочисельне програмування. Основні поняття і означення. Огляд методів розв'язування задач. Метод гілок та границь. Методи Гоморі розв'язування задач цілочисельного програмування.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 16. Транспортні задачі. Основні поняття і означення. Постановка транспортної задачі. Побудова опорних планів транспортних задач. Метод потенціалів розв'язування транспортних задач.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 4, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 17. Задача про призначення. Основні поняття і означення. Постановка задачі про призначення. Угорський метод.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 6.

Модульний контроль – 2.

Змістовий модуль 4

Прикладні задачі та методи дослідження операцій

Тема 18. Елементи мережевого планування. Подання проектів за допомогою мереж. Критичний шлях і резерви часу. Завдання розподілу ресурсів. Оптимізація вартості проекту.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 6.

Тема 19. Елементи теорії масового обслуговування. Основні поняття і означення. Класифікація систем масового обслуговування. Опис і основні властивості вхідних потоків. Найпростіший потік. Елементи теорії марківських процесів. Класифікація марківських процесів. Марківські процеси з безперервним часом. Інтенсивність і граф переходів. Рівняння Чепмена-Колмогорова. Граничні ймовірності станів. Операційні характеристики.

Кількість годин на тему – 12, з них лекції – 4, практичні заняття – 4, самостійна робота – 4.

Тема 20. Динамічне програмування. Основні поняття і означення. Принцип Белмана. Динамічна неперервна задача. Динамічне програмування в інженерних мережах.

Кількість годин на тему – 8, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 4.

Тема 21. Управління запасами. Динамічні задачі розподілу ресурсів по однорідним та неоднорідним етапам.

Кількість годин на тему – 10, з них лекції – 2, практичні заняття – 2, самостійна робота – 6.

Тема 22. Теорія ігор. Матричні антагоністичні ігри з нульовою сумою.

Нижня та верхня ціни гри, принцип мінімакса. Оптимальні змішані стратегії та їх властивості. Необхідні та достатні умови оптимальності змішаної стратегії. Методи розв'язування матричних ігор. Графоаналітичний метод. Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Неперервні ігри. Ігри кількох гравців.

Кількість годин на тему – 20, з них лекції – 6, практичні заняття – 4, самостійна робота – 10.

Модульний контроль – 2.

4. Індивідуальні завдання

1. Засвоєння лекційного матеріалу, пошук літератури та електронних джерел інформації.
2. Підготовка до практичних занять, лабораторних робіт.
Виконання розрахункових робіт :
РР «Чисельні методи оптимізації» - 5 семестр;
РР «Економіко математичні моделі та методи оптимізації»- 6 семестр.
3. Підготовка до атестацій – захисту лабораторних робіт, модульного контролю, захисту розрахункової роботи, заліку, екзамену.
4. Вивчення тем, винесених на самостійне опрацювання.

5. Методи навчання

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод: та метод проблемного виконання (лекція).
2. Репродуктивний (лабораторні роботи).

3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький: (самостійна робота та виконання РР, курсової роботи).

Дисципліна «Методи оптимізації та дослідження операцій» передбачає лекційні (в т.ч. з використанням мультимедійного обладнання) і лабораторні заняття під керівництвом викладача та самостійну роботу студента за підручниками і матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники і мережеві ресурси), що забезпечує закріплення теоретичних знань, сприяє набуттю практичних навичок і розвитку самостійного наукового мислення. Передбачено регулярні індивідуальні консультації.

6. Методи контролю

Визначення рівня засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточних і підсумкових контролів. У завдання поточного контролю входить систематична перевірка розуміння й засвоєння студентом програмного матеріалу, виконання практичних і лабораторних робіт, умінь самостійно проробляти тексти складання конспектів, написання звітів, рефератів, здатності усно або письмово представляти певний матеріал. Перед підсумковим контролем ставиться завдання перевірки глибини засвоєння студентом програмного матеріалу дисципліни, логіки й взаємозв'язки між її окремими розділами, здатності творчо використати придбані знання, умінь сформулювати своє відношення до проблеми, що впливає зі змісту дисципліни.

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

7.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0..6	5	0..30
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	6	0...30
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...10	1	0...10
Усього за семестр			0...100

Змістовний модуль 3			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0..10	4	0..40
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 4			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	0...10	1	0...10
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з трьох запитань, два практичних та одне теоретичне. Максимальна кількість балів за кожне практичне запитання 40 балів, за теоретичне 20 балів.

7.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- найбільш широко використовувані класи моделей (завдання лінійного, нелінійного, динамічного програмування, антагоністичні, позиційні ігри) і методи їх вирішення;
- правила побудови математичних моделей задач оптимізації;
- класифікацію задач оптимізації;
- основні типи економіко-математичних моделей, що застосовуються для вироблення і прийняття управлінських рішень;
- застосування пакетів MathCAD, MATLAB для рішення задач;
- Застосування мови програмування Python для розв'язання оптимізаційних задач.

вміти:

- формувати постановку економіко-математичної моделі на основі якісного аналізу об'єкта дослідження;
- проводити аналіз отриманого рішення з метою виявлення області його стійкості, а також визначення можливих змін в управлінських заходах при зміні внутрішніх і зовнішніх факторів;

- володіти алгоритмом методу, вміти скласти програму на одній з мов програмування, використовувати готове ПЗ;
 - проводити необхідні обчислення і аналіз отриманих результатів;
- володіти:**
- методами розв'язування математичних моделей професійних завдань; здатністю реалізовувати математичні моделі за допомогою засобів інформаційні технології.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D	задовільно	
60 – 63	E		
0 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

7.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Відмінно (90 - 100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

8. Методичне забезпечення

1. Навчально-методичне забезпечення дисципліни "Методи оптимізації та дослідження операцій" для бакалаврів / Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т" ; розроб. С. В. Яковлев. - Харків, 2019. - 204 с - http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/Dzherel_Peretvoryuvach.pdf

2. Карташов О.В., Бабкіна А.В., Ємцева Н.Ю., Пудло Р.А. Методи оптимізації : Навч. посібник – Х.: Нац. Аерокосм ун-т «ХАІ», 2009-112с.

9. Рекомендована література

Базова

1. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.

2. Вибрані розділи багатокритеріальної оптимізації: методичні рекомендації до виконання контрольних та лабораторних робіт для студентів математичного факультету / Розробник: Н. Е. Кондрук. – Ужгород: УжНУ, 2015. – 56 с.

3. Дослідження операцій та методи оптимізації: методичні рекомендації до практичних завдань для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня / уклад. С. В. Прокопович, О. В. Панасенко, Л. О. Чаговець. – Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 64 с.

4. Синєглазов В. М. Математичні методи оптимізації: навч. посібн./ В.М. Синєглазов, О. А. Зеленков, Ш. І. Аскеров. – Нац. Авіаційний ун-т. – К.: Освіта України, 2018. – Ч. 1. – 329 с.

5. Латанська Л. О. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни "Математичні методи дослідження операцій"/ Л. О. Латанська, Т. А. Фаріонова ; Нац. ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. – Миколаїв : НУК, 2018. – с. 29.

6. Латанська Л.О., Устенко І.В., Каіров В.О. Математичні методи дослідження операцій. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (Частина 2). – Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2018. – 36 с.

7. Snyman, J. A.; Wilke, D. N. (2018). Practical Mathematical Optimization : Basic Optimization Theory and Gradient-Based Algorithms(2nd ed.). Berlin: Springer. ISBN 978-3-319-77585-2.

8. Mathematical Programming Glossary. – Режим доступу: <http://glossary.computing.society.informs.org/>

9. Optimization Methods and Software. – Режим доступу: <https://www.tandfonline.com/toc/goms20/current>

10. Попов Ю.Д., Тюття В.І., Шевченко В.І. Методи оптимізації. Навчальний електронний посібник для студентів спеціальностей “Прикладна математика”, “Інформатика”, “Соціальна інформатика”. – Київ: Електронне видання. Ел. бібліотека факультету кібернетики Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2003.–215 с.

Додаткова література

1. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – Киев: Вища школа, 1988. – 552с.
2. Евдокимов А. Г. Минимизация функций и ее приложения к задачам автоматизированного управления инженерными сетями. – Х.: Вища школа, 1985. – 288с.
3. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 547с.
4. Зайченко Ю. П., Шумилова С. А. Исследование операций. Сборник задач. – Киев: Вища школа, 1984. – 224с.
5. Евдокимов А. Г., Самойленко Н. И., Пальченко Л. А., Рябченко И. Н. Минимизация функций с применением микро- и мини- ЭВМ. Сборник задач и упражнений. – Х.: Основа, 1993. – 256с.
6. Крушевский А. В. Теория игр. – Киев: Вища школа, 1977. – 215с.
7. Вагнер Г. Основы исследования операций. В 3-х томах. – М.: Мир, 1973.
8. Дегтярев Ю. И. Исследование операций. – М.: Высш. Шк., 1986. – 320с.
9. Сергиенко И. В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – Киев: Наукова думка, 1988. – 475с.
10. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.: Мир, 1985.
11. Исследование операций. В 2-х томах / Под ред. Дж. Моудера и С. Элмаграби. – М.: Мир, 1982.

10. Інформаційні ресурси

1. <http://scintific.narod.ru/> – Каталог научных ресурсов.
2. Сайт кафедри <https://k304.khai.edu/>
3. Сайт Науково-технічної бібліотеки Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського (ХАІ) <https://library.khai.edu/>
4. Сайт Харківської Державної наукової бібліотеки ім. В. Г. Короленка <http://korolenko.kharkov.com/>
5. Сайт eqworld – <http://eqworld.ipmnet.ru/en/library/mathematics.htm>