

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО  
ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**КАФЕДРА УПРАВЛІННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ  
В СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

**МОДЕЛЮВАННЯ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**для самостійного вивчення дисципліни та виконання контрольної  
роботи для здобувачів заочної форми навчання**

**Харків 2017**

Друкується за рішенням кафедри управління та організації діяльності в сфері  
цивільного захисту

Протокол від \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. №\_\_

**Рецензент:**

**Соболь О.М., Писклакова О.О.**

Моделювання у сфері цивільного захисту. Методичні рекомендації для  
самостійного вивчення дисципліни та виконання контрольної для здобувачів  
заочної форми навчання. – Харків, 2017. – 28 с.

Методичні рекомендації для самостійного вивчення дисципліни та виконання  
контрольної роботи для здобувачів заочної форми навчання з дисципліни  
«Моделювання у сфері цивільного захисту» складено відповідно до освітньо-  
наукової програми підготовки фахівців освітньо-наукового ступеня «доктор  
філософії».

Відповідальний за випуск О.М. Соболь, О.О. Писклакова

Моделювання у сфері цивільного захисту – обов’язкова дисципліна циклу професійної (обов’язкової) підготовки здобувачів освітньо-наукового ступеня «доктор філософії» за спеціальністю 263 «Цивільна безпека».

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту» є підготовка фахівців здатних застосовувати на практиці теорію моделювання систем та процесів; теорію прийняття управлінських рішень і методи експертних оцінок; розробляти короткострокові й довгострокові прогнози розвитку ситуації; розробляти математичні моделі, застосовувати математичні методи в процесі прогнозування, підготовки і ухвалення управлінських рішень в організаційних системах, розуміти проблему прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності, аналізувати вихідну інформацію та можливість її представлення у кількісному або якісному вигляді, застосовувати методи аналізу й оцінки ризику; розуміти проблеми стійкого розвитку, розробляти та надавати пропозиції (рекомендації) щодо оптимізації управлінських рішень у сфері цивільного захисту.

У результаті вивчення дисципліни здобувачі повинні:

**Знати:**

- класифікацію моделей;
- класифікацію підходів до моделювання;
- основні особливості системно-цільового, логіко-лінгвістичного, процесного підходів;
- принципи і ознаки класифікації методів моделювання систем і процесів;
- основні принципи проведення кореляційно-регресійного аналізу;
- методологічні основи обґрунтування та прийняття оптимальних управлінських рішень;
- класифікацію і основні методи прийняття рішень;
- особливості імітаційного моделювання;
- основні математичні моделі прийняття рішень;
- області застосування методів прийняття рішень;
- основні принципи прийняття управлінських рішень в умовах ризику та невизначеності.
- особливості задач лінійного програмування;
- особливості задач динамічного програмування;

**Уміти:**

- застосовувати методи прогнозування надзвичайних ситуацій;
- проводити парний та множинний регресійний аналіз;
- здійснювати постановку завдання;
- обирати метод прийняття рішень;
- формувати вимоги до інформації;
- будувати модель завдання;

- інтерпретувати отримані результати і розробляти рекомендації на їх основі;
- застосовувати методи прийняття рішень в задачах кількісного та якісного характеру;
- використовувати методи прийняття рішень в умовах ризику.

## **ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ**

### **МОДУЛЬ 1.**

#### **Змістовий модуль 1.**

##### **Тема 1.1. Вступ у теорію моделювання.**

Вступ в теорію моделювання. Поняття моделювання. Поняття моделі, критерії побудови моделі.

##### **Тема 1.2. Класифікація моделей.**

Основні типи моделей. Методи дослідження аналітичних моделей. Особливості реальних моделей: натурні, макетні.

##### **Тема 1.3. Підходи до побудови моделей.**

Процес створення моделей. Підходи до створення моделей: кібернетичний, системна динаміка, теоретико-множинний. Области використання моделей.

##### **Тема 1.4. Основи прогнозування.**

Особливості прогнозування. Методи математичного прогнозування. Етапи побудови математичної моделі.

##### **Тема 1.5. Парний регресійний аналіз.**

Метод найменших квадратів. Рівняння регресійної моделі. Парний регресійний аналіз. Теорема Гаусса-Маркова. Інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів: довірчий інтервал функції регресії (прогнозу), довірчі інтервали для коефіцієнтів регресійної моделі.

##### **Тема 1.6. Множинний регресійний аналіз.**

Множинний регресійний аналіз: класична нормальна лінійна модель множинної регресії. Коефіцієнт еластичності.

##### **Тема 1.7. Коваріаційна матриця і її вибіркова оцінка.**

Коваріаційна матриця. Оцінка дисперсії оббурювань.

**Тема 1.8. Визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів і функції регресії.**

Визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів і функції регресії. Оцінка значимості множинної регресії. Коефіцієнти детермінації.

### **Тема 1.9. Мультиколеніарність та її вплив на параметри моделі.**

Мультиколеніарність. Лінійні регресійні моделі зі змінною структурою. Фіктивні змінні.

## **МОДУЛЬ 2.**

### **Змістовий модуль 2.**

#### **Тема 2.1. Методологія прийняття управлінських рішень.**

Проблема прийняття ефективних управлінських рішень. Теоретико-множинний опис системи. Етапи процедури прийняття рішень. Інтегральна оцінка ефективності варіанта системи. Припустима множина рішень. Підходи до вибору найкращого рішення. Коректність задачі прийняття рішень за Адамаром. Задача багатокритеріальної оптимізації.

#### **Тема 2.2. Синтез моделі формування узагальненого критерію.**

Постановка задачі багатокритеріальної оптимізації. Формування багатокритеріальних скалярних оцінок. Теорія корисності. Вибір метрики функції корисності. Загальна модель визначення узагальненої корисності рішення. Методи прийняття рішень при багатьох критеріях.

#### **Тема 2.3. Вимірювання та шкалювання часткових критеріїв.**

Вимір і шкалювання часткових критеріїв. Основні види шкал. Опис функції корисності часткових оцінок критеріїв. Обґрунтування правил вибору компромісних рішень.

#### **Тема 2.4. Задача прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.**

Види невизначеності. Види ризику. Особливості прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності.

#### **Тема 2.5. Імітаційна модель в умовах ризику та невизначеності.**

Етапи прийняття рішення в умовах ризику та невизначеності. Формування вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища. Метод Монте-Карло. Імітаційна модель в умовах ризику та невизначеності.

## **МОДУЛЬ 3.**

### **Змістовий модуль 3.**

#### **Тема 3.1. Постановка задачі чисельного пошуку екстремуму.**

Задача безумовної оптимізації: основні поняття. Задача умовної оптимізації. Постановка задачі пошуку мінімуму функції однієї змінної. Властивості опуклості та увігнутості функції. Методи одновимірної оптимізації. Метод дихотомії. Метод «золотого» перетину.

### **Тема 3.2. Чисельні методи пошуку екстремуму функції багатьох змінних.**

Методи першого порядку. Поняття градієнту та антиградієнту. Градієнтний метод з постійним та змінним кроком. Модифікація алгоритму градієнтного методу. Метод Гельфанда.

### **Тема 3.3. Пошук екстремуму функції багатьох змінних методами другого порядку.**

Методи другого порядку. Матриця Гессе. Методи змінної метрики: метод Девідона-Флетчера-Пауелла.

## **Змістовий модуль 4.**

### **Тема 4.1. Задача умовної оптимізації. Узагальнення методу Лагранжа.**

Постановка задачі умовної оптимізації. Класифікація задач математичного програмування. Канонічна форма задачі лінійного програмування. Метод множників Лагранжа. Узагальнення методу Лагранжа.

### **Тема 4.2. Задачі лінійного програмування.**

Задача оптимізації міжгалузевих зв'язків (модель Леонтьєва): основні припущення. Статична модель міжгалузевого балансу у матричній формі. Математична модель транспортної задачі. Методи побудови опорного плану.

### **Тема 4.3. Основні поняття теорії подвійності.**

Основна та двоїста задачі як пара взаємоспряжених задач лінійного програмування. Симетричні та несиметричні двоїсті пари задач лінійного програмування. Двоїсті оцінки. Стійкість оптимальних планів прямої та двоїстої задач.

### **Тема 4.4. Задача оптимального управління.**

Постановка задачі оптимального управління. Геометрична інтерпретація задачі оптимального управління. Принцип максимуму. Чисельні методи рішення задач оптимального управління. Область застосування.

### **Тема 4.5. Безперервні системи. Рівняння Беллмана.**

Принцип оптимальності. Безперервні системи. Рівняння Беллмана. Рішення рівняння Беллмана. Дискретна форма методу динамічного програмування.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ПІДГОТОВКИ ТА ОФОРМЛЕННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ**

Контрольна робота виконується в шостому семестрі навчання та охоплює матеріал, який запланований для вивчення в цьому семестрі, а саме теми 1.1÷4.5.

*Головною метою контрольних завдань* – є перевірка самостійної роботи здобувачів з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту», ступеня засвоєння ними теоретичних положень курсу, а також вміння аналітично працювати над розробкою заданих питань.

Кожному здобувачеві видається індивідуальний варіант контрольного завдання, номер якого визначається відповідно до порядкового номеру в журналі (табл. 1).

Таблиця 1

Порядковий номер в журналі	Номер варіанту контрольної роботи
1	1
2	2
...	...
30	30

Варіант контрольного завдання містить два теоретичних питання, що приблизно рівні за складністю, та задачі. Питання складені таким чином, щоб можна було охопити основні аспекти матеріалу, що вивчається в процесі самостійної роботи.

Загальний обсяг контрольної роботи повинен становити не більше 15 сторінок друкованого тексту аркушу стандартного формату А4 (21×29,7 см). Текст необхідно набирати в текстовому редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman, розмір шрифту – 14 пт, накреслення шрифту – нормальне. Міжрядковий інтервал – полуторний. Поля: верхнє, нижнє, праве, – по 2,0 см, ліве - 2,5 см.

Контрольна робота може бути виконана і від руки. В такому випадку робота має бути написана розбірливо.

Якщо в роботі будуть наводитися цитати або дослівний текст з іншої літератури, то обов'язково повинні бути зроблені посилання на першоджерело. Посилання виконується шляхом вказівки в квадратних дужках номеру літературного джерела за списком використаної літератури, наведеного в роботі.

Список використаної літератури повинен бути представлений в роботі обов'язково. Він оформляється згідно з вимогами ДСТУ. (Приклад див. у списку літератури, що рекомендована до використання в процесі самостійної роботи над дисципліною).

При виконанні контрольної роботи здобувачі можуть користуватися і іншою літературою, не наведеною в списку рекомендованої літератури.

Зразок оформлення титульного аркушу контрольної роботи представлено в додатку 1.

## ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

### Модуль 1 «Основи моделювання та прогнозування у сфері цивільного захисту»

#### Варіант 1

1. Визначення моделі, принципи побудови моделі.
2. Прогнозування методом найменших квадратів.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	83,6	222	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	6,5	32	
3	6,5	50,4	82	
4	3,3	15,4	45,2	
5	0,1	29,6	299,3	
6	3,6	13,3	41,6	
7	1,5	5,9	17,8	
8	5,5	27,1	151	
9	2,4	11,2	22,3	
10	3,0	16,4	103	
11	4,2	32,5	225,4	
12	2,7	25,4	675	
13	1,6	6,4	43,8	
14	2,4	12,5	102,3	
15	3,3	14,3	105	
16	1,8	6,5	49,1	
17	2,4	22,7	50,4	
18	1,6	15,8	480	

#### Варіант 2

1. Класифікація моделей.
2. Теорема Гаусса-Маркова.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	222	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	18	32	
3	6,5	107,9	82	
4	3,3	16,7	45,2	
5	0,1	79,6	299,3	
6	3,6	16,2	41,6	
7	1,5	5,9	17,8	
8	5,5	53,1	151	
9	2,4	18,8	22,3	
10	3,0	35,3	103	
11	4,2	71,9	225,4	
12	2,7	93,6	675	



13	1,6	10	43,8
14	2,4	31,5	102,3
15	3,3	36,7	105
16	1,8	13,8	49,1
17	2,4	64,8	50,4
18	1,6	30,4	480

### Вариант 3

- 1 Основні підходи до побудови моделей.
2. Рівняння регресійної моделі.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	83,6	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	18	6,5	
3	6,5	107,9	50,4	
4	3,3	16,7	15,4	
5	0,1	79,6	29,6	
6	3,6	16,2	13,3	
7	1,5	5,9	5,9	
8	5,5	53,1	27,1	
9	2,4	18,8	11,2	
10	3,0	35,3	16,4	
11	4,2	71,9	32,5	
12	2,7	93,6	25,4	
13	1,6	10	6,4	
14	2,4	31,5	12,5	
15	3,3	36,7	14,3	
16	1,8	13,8	6,5	
17	2,4	64,8	22,7	
18	1,6	30,4	15,8	

### Вариант 4

1. Етапи побудови математичної моделі.
2. Визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів і функції регресії.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	18,9	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,4	13,7	
3	0,7	4,5	18,5	
4	1,7	10	4,8	
5	2,6	20	21,8	
6	1,3	15	5,8	
7	4,1	137,1	99	
8	1,6	17,9	20,1	
9	6,9	165,4	60,6	

10	0,4	2	1,4
11	1,3	6,8	8
12	1,9	37,1	18,9
13	1,9	13,4	13,2
14	1,4	9,8	12,6
15	0,4	19,5	12,2
16	0,8	6,8	3,2
17	1,8	27	13
18	0,9	12,4	6,9

### Вариант 5

1. Сутність моделювання.
2. Лінійні регресійні моделі зі змінною структурою. Фіктивні змінні.

Задача.

№ п/п	у	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	43	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення у при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,4	64,7	
3	0,7	4,5	24	
4	1,7	10	50,2	
5	2,6	20	106	
6	1,3	15	96,6	
7	4,1	137,1	347	
8	1,6	17,9	85,6	
9	6,9	165,4	745	
10	0,4	2	4,1	
11	1,3	6,8	26,8	
12	1,9	37,1	42,7	
13	1,9	13,4	61,8	
14	1,4	9,8	212	
15	0,4	19,5	105	
16	0,8	6,8	33,5	
17	1,8	27	142	
18	0,9	12,4	96	

### Вариант 6

1. Теорема Гаусса-Маркова.
2. Мультиколінеарність.

Задача.

№ п/п	у	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	43	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності;
2	1,7	13,7	64,7	
3	0,7	18,5	24	
4	1,7	4,8	50,2	
5	2,6	21,8	106	
6	1,3	5,8	96,6	

7	4,1	99	347	в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
8	1,6	20,1	85,6	
9	6,9	60,6	745	
10	0,4	1,4	4,1	
11	1,3	8	26,8	
12	1,9	18,9	42,7	
13	1,9	13,2	61,8	
14	1,4	12,6	212	
15	0,4	12,2	105	
16	0,8	3,2	33,5	
17	1,8	13	142	
18	0,9	6,9	96	

### Варіант 7

1. Поняття моделі, основні принципи побудови моделі.
2. Рівняння регресійної моделі.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	40,9	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,4	40,5	
3	0,7	4,5	38,9	
4	1,7	10	38,5	
5	2,6	20	37,3	
6	1,3	15	26,5	
7	4,1	137,1	37	
8	1,6	17,9	36,8	
9	6,9	165,4	36,3	
10	0,4	2	35,3	
11	1,3	6,8	35,3	
12	1,9	27,1	35	
13	1,9	13,4	26,2	
14	1,4	9,8	33,1	
15	0,4	19,5	32,7	
16	0,8	6,8	32,1	
17	1,8	27	30,5	
18	0,9	12,4	29,8	

### Варіант 8

1. Класифікація моделей.
2. Коваріаційна матриця і її вибіркова оцінка.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	40,9	

2	1,7	13,7	40,5	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
3	0,7	18,5	38,9	
4	1,7	4,8	38,5	
5	2,6	21,8	37,3	
6	1,3	5,8	26,5	
7	4,1	99	37	
8	1,6	20,1	36,8	
9	6,9	60,6	36,3	
10	0,4	1,4	35,3	
11	1,3	8	35,3	
12	1,9	18,9	35	
13	1,9	13,2	26,2	
14	1,4	12,6	33,1	
15	0,4	12,2	32,7	
16	0,8	3,2	32,1	
17	1,8	13	30,5	
18	0,9	6,9	29,8	

### Варіант 9

1. Етапи побудови математичної моделі.
2. Парний регресійний аналіз. Коефіцієнт кореляції.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	83,6	222	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності; в) середнє значення $y$ при $x_1 = \text{const}$ , $x_2 = \text{const}$ . 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	6,5	32	
3	6,5	50,4	82	
4	3,3	15,4	45,2	
5	0,1	29,6	299,3	
6	3,6	13,3	41,6	
7	1,5	5,9	17,8	
8	5,5	27,1	151	
9	2,4	11,2	22,3	
10	3,0	16,4	103	
11	4,2	32,5	225,4	
12	2,7	25,4	675	
13	1,6	6,4	43,8	
14	2,4	12,5	102,3	
15	3,3	14,3	105	
16	1,8	6,5	49,1	
17	2,4	22,7	50,4	
18	1,6	15,8	480	

### Варіант 10

1. Прогнозування методом найменших квадратів.
2. Лінійні регресійні моделі зі змінною структурою. Фіктивні змінні.

Задача.

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	222	<p>1. Знайти:</p> <p>а) рівняння лінійної регресії;</p> <p>б) стандартизовані коефіцієнти регресії та коефіцієнти еластичності;</p> <p>в) середнє значення <math>y</math> при <math>x_1 = \text{const}</math>, <math>x_2 = \text{const}</math>.</p> <p>2. Зробити аналіз одержаних результатів.</p>
2	3,0	18	32	
3	6,5	107,9	82	
4	3,3	16,7	45,2	
5	0,1	79,6	299,3	
6	3,6	16,2	41,6	
7	1,5	5,9	17,8	
8	5,5	53,1	151	
9	2,4	18,8	22,3	
10	3,0	35,3	103	
11	4,2	71,9	225,4	
12	2,7	93,6	675	
13	1,6	10	43,8	
14	2,4	31,5	102,3	
15	3,3	36,7	105	
16	1,8	13,8	49,1	
17	2,4	64,8	50,4	
18	1,6	30,4	480	

## Модуль 2 «Методологічні та теоретичні основи прийняття рішень»

### ВАРІАНТ №1

1. Проблема прийняття ефективних рішень у сфері цивільного захисту.
2. Формування вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, мЗ/л					
- води, не менше	2,5 (2500)	4,1(4100)	3,8 (3800)	5,8 (5800)	11 (11000)
- піноутворювача, не менше	0,3 (300)	0,4 (400)	0,25 (250)	0,58 (580)	2 (2000)
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою мультиплікативної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №2

1. Основні етапи прийняття рішень.
2. Функція корисності часткових оцінок критеріїв.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, мЗ/л					
- води, не менше	2,5 (2500)	4,1(4100)	3,8 (3800)	5,8 (5800)	11 (11000)
- піноутворювача, не менше	0,3 (300)	0,4 (400)	0,25 (250)	0,58 (580)	2 (2000)
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					

- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою адитивної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №3

1. Види невизначеності. Джерела невизначеності.
2. Метод Монте-Карло.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, мЗ/л					
- води, не менше	2,5 (2500)	4,1(4100)	3,8 (3800)	5,8 (5800)	11 (11000)
- піноутворювача, не менше	0,3 (300)	0,4 (400)	0,25 (250)	0,58 (580)	2 (2000)
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою мультиплікативної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №4

1. Коректність задачі прийняття рішень за Адамаром.
2. Імітаційна модель в умовах ризику та невизначеності.

Задача. Дано:  
У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, мЗ/л					
- води, не менше	2,5 (2500)	4,1(4100)	3,8 (3800)	5,8 (5800)	11 (11000)
- піноутворювача, не менше	0,3 (300)	0,4 (400)	0,25 (250)	0,58 (580)	2 (2000)
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою адитивної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №5

1. Формування вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища.
2. Види ризику.

Задача. Дано:  
У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000



Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою мультиплікативної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №6

1. Етапи прийняття рішення в умовах ризику та невизначеності.

2. Структура множини допустимих рішень.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно провести нормування часткових критеріїв та обрати оптимальну альтернативу за допомогою адитивної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №7

1. Види невизначеності. Джерела невизначеності.

2. Метод Монте-Карло.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5

Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно провести нормування часткових критеріїв та обрати оптимальну альтернативу за допомогою мультиплікативної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №8

1. Проблема прийняття ефективних рішень у сфері цивільного захисту.
2. Формування вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою мультиплікативної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №9

1. Формування вихідних сценаріїв поведінки зовнішнього середовища.
2. Види ризику.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2

Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою адитивної форми функції корисності.

### ВАРІАНТ №10

1. Основні етапи прийняття рішень.
2. Функція корисності часткових оцінок критеріїв.

Задача. Дано:

У таблиці 1 наведені технічні характеристики 5 пожежних машин .

Таблиця 1

Модель	АЦ 20-271	АЦ 40- 4	АЦ 40-190	АЦ 60-256	АЦ 100-270
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, мЗ/л					
- води, не менше	2,5 (2500)	4,1(4100)	3,8 (3800)	5,8 (5800)	11 (11000)
- піноутворювача, не менше	0,3 (300)	0,4 (400)	0,25 (250)	0,58 (580)	2 (2000)
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
- подача насоса, л/с	20	40 (4)	40	60	100
-напір насоса, м	200	100 (400)	100	100	100
Геометрична висота всмоктування, м	7,5	7,5	7,5	7,0	7,5
Кількість ручних стволів	6	6+1 СРВД	6	6	6
Маса автомобіля з повним навантаженням, кг	10460	14800	14960	17950	27000

Виходячи із наведеної інформації, необхідно обрати оптимальну альтернативу за допомогою адитивної форми функції корисності.

### Модуль 3 «Методи пошуку екстремуму функцій»

#### ВАРІАНТ №1

1. Постановка задачі безумовної оптимізації.
2. Метод Гельфанда.

Задача. Виконати пошук максимуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі сталим кроком  $h=1$ .

#### ВАРІАНТ №2

1. Постановка задачі пошуку мінімуму функції однієї змінної.
2. Метод дихотомії.

Задача. Виконати пошук максимуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі сталим кроком  $h=1,1$ .

#### ВАРІАНТ №3

1. Постановка задачі умовної оптимізації.
2. Градієнтний метод із змінним кроком.

Задача. Виконати пошук максимуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод із змінним кроком. Початковий крок  $h=0,9$ .

#### ВАРІАНТ №4

1. Постановка задачі безумовної оптимізації.
2. Модифікація алгоритму градієнтного методу (метод найшвидшого спуску).

Задача. Задано функцію  $f(u) = 100(u_2 - u_1^2)^2 + (1 - u_1)^2$ , а також дві перших точки, отриманих у процесі пошуку мінімуму функції  $f(u)$ :  $u^{(0)} = [-1, 2; 1]^T$ ,  $u^{(1)} = [-1, 3; 1, 07]^T$ .  
Визначити напрямок пошуку з точки  $u^{(1)}$ , користуючись методом Ньютона.

#### ВАРІАНТ №5

1. Властивості опуклості та увігнутості функції.
2. Метод Ньютона.

Задача. Виконати пошук максимуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі сталим кроком  $h=0,8$ .

### ВАРІАНТ №6

1. Метод «золотого» перетину.
2. Метод Девідона-Флетчера-Пауелла.

Задача. Виконати пошук мінімуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі змінним кроком. Початковий крок  $h=1$ .

### ВАРІАНТ №7

1. Постановка задачі пошуку мінімуму функції однієї змінної.
2. Метод дихотомії.

Задача. Задано функцію  $f(u) = 100(u_2 - u_1^2)^2 + (1 - u_1)^2$ , а також дві перших точки, отриманих у процесі пошуку мінімуму функції  $f(u)$ :  $u^{(0)} = [-1, 2; 1]^T$ ,  $u^{(1)} = [-1, 3; 1, 07]^T$ .  
Визначити напрямок пошуку з точки  $u^{(1)}$ , користуючись методом Ньютона.

### ВАРІАНТ №8

1. Постановка задачі безумовної оптимізації.
2. Модифікація алгоритму градієнтного методу (метод найшвидшого спуску).

Задача. Виконати пошук мінімуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі змінним кроком. Початковий крок  $h=1,5$ .

### ВАРІАНТ №9

1. Властивості опуклості та увігнутості функції.
2. Метод Ньютона.

Задача. Виконати пошук максимуму функції.

$$I(u_1, u_2) = u_1 + u_2 - (u_1, u_2)^2 - u_1^2 - 2u_2^2,$$

з початкової точки  $\vec{u}^{(0)} = (1, 0)$ , використовуючи градієнтний метод зі змінним кроком. Початковий крок  $h=1,4$ .

### ВАРІАНТ №10

1. Постановка задачі умовної оптимізації.
2. Градієнтний метод із змінним кроком.

Задача.

Задано функцію  $f(u) = 100(u_2 - u_1^2)^2 + (1 - u_1)^2$ , а також дві перших точки, отриманих у процесі пошуку мінімуму функції  $f(u)$ :  $u^{(0)} = [-1, 2; 1]^T$ ,  $u^{(1)} = [-1, 3; 1, 07]^T$ .  
Визначити напрямок пошуку з точки  $u^{(1)}$ , користуючись методом Ньютона.

## Модуль 4 «Аналітичні методи моделювання у сфері цивільного захисту»

### ВАРІАНТ №1

1. Класифікація задач математичного програмування.
2. Принцип максимуму.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 6x_1 + 8x_2 - 5x_3 \rightarrow \max$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 5$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -6$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №2

1. Канонічна форма задачі лінійного програмування.
2. Основна та двоїста задачі як пара взаємоспряжених задач лінійного програмування.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 4x_1 - 5x_2 + 6x_3 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = -5$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -8$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №3

1. Симетричні та несиметричні двоїсті пари задач лінійного програмування.
2. Дискретна форма методу динамічного програмування.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 11x_1 - 9x_2 + 6x_3 \rightarrow \max$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 9$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = 6$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №4

1. Математична модель транспортної задачі.
2. Принцип оптимальності.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 3x_1 - 5x_2 + 8x_3 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 4$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -9$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №5

1. Методи побудови опорного плану транспортної задачі.
2. Двоїсті оцінки. Стійкість оптимальних планів прямої та двоїстої задач.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 10x_1 + 5x_2 - 4x_3 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 5$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -6$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №6

1. Динамічне програмування. Постановка задачі оптимального управління.
2. Безперервні системи.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 4x_1 + 8x_2 - 5x_3 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 4$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = 8$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №7

1. Задача оптимізації міжгалузевих зв'язків (модель Леонт'єва): основні припущення.

2. Чисельні методи рішення задач оптимального управління.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 3x_1 - 4x_2 - 8x_3 \rightarrow \max$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 6$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = 8$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №8



1. Метод множників Лагранжа.
2. Рівняння Беллмана.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 2x_1 - 4x_2 + 5x_3 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 5$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -6$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №9

1. Динамічне програмування. Постановка задачі оптимального управління.
2. Дискретна форма методу динамічного програмування.

Задача. Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 4x_1 - 8x_2 + 4x_3 \rightarrow \max$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 4$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = 7$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

### ВАРІАНТ №10

1. Класифікація задач математичного програмування.
2. Принцип максимуму.

Задача.

Нехай дана лінійна функція  $f(x) = 2x_1 + x_2 - 3x_3 - 6 \rightarrow \min$  трьох змінних, тобто  $n = 3$ , яка містить  $m = 2$  рівняння-обмеження:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 7$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 = -6$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,3}.$$

Необхідно дати геометричну інтерпретацію та побудувати область допустимих рішень, якщо вона існує.

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. ДСТУ 3891-99 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять.
3. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник / [Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін.]. – Харків: АЦЗУ, 2005. – 530 с.
4. Основи управління в органах і підрозділах МНС України. Навчальний посібник. / За ред. канд. психол. наук, доцента В.П. Садкового. – Харків: УЦЗУ, 2009. – 367 с.
5. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
6. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики / В.А. Лисичкин. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
7. Волкова В.Н. Моделирование систем и процессов /В. Н. Волкова, Г. В. Горелова, В. Н. Козлов [и др.]; под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 449 с.
8. Єріна А. Статистичне моделювання і прогнозування / А. Єріна. – Київ, 2001.
9. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина. – М.: Омега-Л., 2008. – 367 с.
10. Макроекономічне моделювання та прогнозування / За ред. Крюкової І. –Харків, 2000.
11. Таха Х.А. Введение в исследование операций / А.Х. Таха // Седьмое издание. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 903 с.
12. Шикин Е.В. Математические методы и модели в управлении / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М.: Дело, 2000. – 431 с.
15. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / Ю.П. Сурмин. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.
16. Казиев В.М. Введение в системный анализ и моделирование: [учеб. пособ.] / В.М. Казиев. – М.: Интернет-университет Информационных Технологий; БИНОМ, Лаборатория знаний, 2006. – 244с.
17. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
18. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
19. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М.:Наука, 1969. – 668 с.
20. Карманов В.Г. Математическое программирование / В.Г.Карманов. – М.: Наука, 1975. – 256 с.
21. Ашманов С.А. Линейное программирование / С.А. Ашманов. – Наука, 1971. – 286 с.
22. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П.Зайченко. – К.: Вища школа, 1975. – 312 с.

23. Еремін І.І. Введення в теорію випуклого і лінійного програмування / І.І. Еремін, І.Н. Астаф'єв. – М.:Наука, 1976. – 340 с.
24. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
25. Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. Либідь. 1996. – 288 с.
26. Крылов В. И. и др. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 1979. – Т. 2. – 400 с.
27. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
28. Валяшек В.Б. Навчальний посібник з курсу: «Оптимізаційні методи та моделі» для спеціальностей “Облік і аудит, Фінанси і кредит, Маркетинг, Економічна кібернетика” / Кривень В.А., Валяшек В.Б., Цимбалюк Л.І., Козбур Г.В. – Тернопіль: видавництво ТНТУ, 2015. – 83 с.

**Додаткова:**

1. Петров Е.Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах: Навч. посібн. / Е.Г. Петров, М.В. Новожилова, І.В. Гребеннік. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту

**КОНТРОЛЬНА РОБОТА**

з навчальної дисципліни «**Моделювання у сфері цивільного захисту**»

Варіант № \_\_\_\_

Виконав:

здобувач групи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ прізвище та ініціали

Перевірив:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ прізвище та ініціали викладача

Харків 20\_\_р.