

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ**

для проведення практичних занять

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Вступ у теорію моделювання**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

- Вступ ..... 5 хв.  
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою ..... 15 хв.  
2. Розв'язання задач ..... 55 хв.  
Підведення підсумків ..... 5 хв.

**Література:**

1. 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.
2. Єріна А. Статистичне моделювання і прогнозування / А. Єріна. — Київ, 2001.
3. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина. — М.: Омега-Л., 2008. — 367 с.
4. Макроекономічне моделювання та прогнозування / За ред. Крюкової І. —Харків, 2000.

### **Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Вступ в теорію моделювання.
2. Поняття моделювання.
3. Поняття моделі.

### **Задача 1.**

Визначить кілька статичних і динамічних об'єктів, дій, процесів, атрибутів, подій та змінних станів для таких систем:

- а) державна пожежно-рятувальна частина;
- б) лісове господарство;
- в) станція швидкої допомоги;
- г) Національний університет цивільного захисту України;
- д) АЗС.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Класифікація моделей**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. 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.
2. Єріна А. Статистичне моделювання і прогнозування / А. Єріна. — Київ, 2001.
3. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина. — М.: Омега-Л., 2008. — 367 с.
4. Макроекономічне моделювання та прогнозування / За ред. Крюкової І. —Харків, 2000.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Особливості абстрактних моделей.
2. Особливості реальних моделей.

**Задача 1.**

Визначить основні абстрактні та реальні моделі, що застосовуються у Державній службі з надзвичайних ситуацій. Їх основні риси та особливості їх використання.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Методи побудови моделей**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

- Вступ ..... 5 хв.  
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою ..... 15 хв.  
2. Розв'язання задач ..... 55 хв.  
Підведення підсумків ..... 5 хв.

**Література:**

1. 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.
2. Єріна А. Статистичне моделювання і прогнозування / А. Єріна. — Київ, 2001.
3. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина. — М.: Омега-Л., 2008. — 367 с.
4. Макроекономічне моделювання та прогнозування / За ред. Крюкової І. —Харків, 2000.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Процес створення моделей.
2. Підходи до створення моделей.

**Задача 1.**

Визначить особливості використання системної динаміки при створенні моделі проведення навчань силами ДСНС.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Основи прогнозування**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

- Вступ ..... 5 хв.  
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою ..... 15 хв.  
2. Розв'язання задач ..... 55 хв.  
Підведення підсумків ..... 5 хв.

**Література:**

1. 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.
2. Єріна А. Статистичне моделювання і прогнозування / А. Єріна. — Київ, 2001.
3. Фрейдина Е.В. Исследование систем управления /Е.В. Фрейдина. — М.: Омега-Л., 2008. — 367 с.
4. Макроекономічне моделювання та прогнозування / За ред. Крюкової І. —Харків, 2000.



### **Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Основи прогнозування.
2. Математичне прогнозування.
3. Етапи створення математичної моделі.

#### **Задача 1.**

Розробити математичну модель для задачі:

Перед Головним Управлінням ДСНС України в області стоїть завдання розподілення ресурсів на придбання 2-х видів технічних засобів пожежогасіння, таким чином, щоб забезпечити максимальний рівень віддачі використаних ресурсів.

На придбання першого засобу необхідно використати 6,5 одиниць матеріальних ресурсів, другого 18,1 одиниць ресурсів. Для обслуговування та використання за призначенням засобів необхідно для першого засобу 11,1 одиниць людських ресурсів, для другого 14,9 одиниць. Перший засіб може виконувати 44,1 одиниць роботи за годину, другий 68,2 одиниць. Є 410 одиниць матеріальних ресурсів та 450 одиниць людських ресурсів. Необхідно визначити скільки необхідно придбати 1-го та 2-го засобів для забезпечення максимального рівня віддачі використаних ресурсів.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Парний регресійний аналіз**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Метод найменших квадратів.
2. Рівняння регресійної моделі.
3. Парний регресійний аналіз.
4. Інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів.

### Завдання для самостійної роботи.

#### Задача 1

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	6,6	83,6	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) коефіцієнт кореляції; в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	6,5	
3	6,5	50,4	
4	3,3	15,4	
5	0,1	29,6	
6	3,6	13,3	
7	1,5	5,9	
8	5,5	27,1	
9	2,4	11,2	
10	3,0	16,4	
11	4,2	32,5	
12	2,7	25,4	
13	1,6	6,4	
14	2,4	12,5	
15	3,3	14,3	
16	1,8	6,5	
17	2,4	22,7	
18	1,6	15,8	

#### Задача 2

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	6,6	6,9	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) коефіцієнт кореляції; в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	3,0	18	
3	6,5	107,9	
4	3,3	16,7	
5	0,1	79,6	
6	3,6	16,2	
7	1,5	5,9	
8	5,5	53,1	
9	2,4	18,8	
10	3,0	35,3	
11	4,2	71,9	
12	2,7	93,6	

13	1,6	10
14	2,4	31,5
15	3,3	36,7
16	1,8	13,8
17	2,4	64,8
18	1,6	30,4

### Задача 3

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	6,6	6,9	<p>1. Знайти:</p> <p>а) рівняння лінійної регресії;</p> <p>б) коефіцієнт кореляції;</p> <p>в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів</p> <p>2. Зробити аналіз одержаних результатів.</p>
2	3,0	18	
3	6,5	107,9	
4	3,3	16,7	
5	0,1	79,6	
6	3,6	16,2	
7	1,5	5,9	
8	5,5	53,1	
9	2,4	18,8	
10	3,0	35,3	
11	4,2	71,9	
12	2,7	93,6	
13	1,6	10	
14	2,4	31,5	
15	3,3	36,7	
16	1,8	13,8	
17	2,4	64,8	
18	1,6	30,4	

### Задача 4

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	0,9	31,3	<p>1. Знайти:</p> <p>а) рівняння лінійної регресії;</p> <p>б) коефіцієнт кореляції;</p> <p>в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів</p> <p>2. Зробити аналіз одержаних результатів.</p>
2	1,7	13,4	
3	0,7	4,5	
4	1,7	10	
5	2,6	20	
6	1,3	15	
7	4,1	137,1	
8	1,6	17,9	
9	6,9	165,4	
10	0,4	2	
11	1,3	6,8	
12	1,9	37,1	

13	1,9	13,4
14	1,4	9,8
15	0,4	19,5
16	0,8	6,8
17	1,8	27
18	0,9	12,4

### Задача 5

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	0,9	31,3	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) коефіцієнт кореляції; в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,4	
3	0,7	4,5	
4	1,7	10	
5	2,6	20	
6	1,3	15	
7	4,1	137,1	
8	1,6	17,9	
9	6,9	165,4	
10	0,4	2	
11	1,3	6,8	
12	1,9	37,1	
13	1,9	13,4	
14	1,4	9,8	
15	0,4	19,5	
16	0,8	6,8	
17	1,8	27	
18	0,9	12,4	

### Задача 6

№ п/п	$y$	$x_1$	
1	0,9	18,9	1. Знайти: а) рівняння лінійної регресії; б) коефіцієнт кореляції; в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,7	
3	0,7	18,5	
4	1,7	4,8	
5	2,6	21,8	
6	1,3	5,8	
7	4,1	99	
8	1,6	20,1	
9	6,9	60,6	

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

### Задача 7

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	
1	0,9	31,3	<p>1. Знайти:</p> <p>а) рівняння лінійної регресії;</p> <p>б) коефіцієнт кореляції;</p> <p>в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів</p> <p>2. Зробити аналіз одержаних результатів.</p>
2	1,7	13,4	
3	0,7	4,5	
4	1,7	10	
5	2,6	20	
6	1,3	15	
7	4,1	137,1	
8	1,6	17,9	
9	6,9	165,4	
10	0,4	2	
11	1,3	6,8	
12	1,9	27,1	
13	1,9	13,4	
14	1,4	9,8	
15	0,4	19,5	
16	0,8	6,8	
17	1,8	27	
18	0,9	12,4	

### Задача 8

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	
1	0,9	18,9	<p>1. Знайти:</p> <p>а) рівняння лінійної регресії;</p> <p>б) коефіцієнт кореляції;</p> <p>в) інтервальні оцінки функції регресії та її параметрів</p>
2	1,7	13,7	
3	0,7	18,5	
4	1,7	4,8	
5	2,6	21,8	
6	1,3	5,8	

7	4,1	99	2. Зробити аналіз одержаних результатів.
8	1,6	20,1	
9	6,9	60,6	
10	0,4	1,4	
11	1,3	8	
12	1,9	18,9	
13	1,9	13,2	
14	1,4	12,6	
15	0,4	12,2	
16	0,8	3,2	
17	1,8	13	
18	0,9	6,9	

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

для проведення практичного заняття

з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Множинний регресійний аналіз**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.



### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Множинний регресійний аналіз.
2. Коефіцієнт еластичності.

### Завдання для самостійної роботи.

#### Задача 1

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	
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	

#### Задача 2

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	
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	

### Задача 3

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	83,6	<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	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	

### Задача 4

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	18,9	<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	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	

### Задача 5

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	43	<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	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	

### Задача 6

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	43	<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	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	
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	

### Задача 7

№ п/п	у	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	40,9	<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	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	

### Задача 8

№ п/п	у	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	40,9	<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	1,7	13,7	40,5	
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	

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

для проведення практичного заняття

з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Коваріаційна матриця і її вибіркова оцінка**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Коваріаційна матриця.
2. Оцінка дисперсії оббурювань.

### Завдання для самостійної роботи.

#### Задача 1

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	83,6	222	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

#### Задача 2

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	222	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

### Задача 3

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	83,6	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

### Задача 4

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	18,9	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

### Задача 5

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	43	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

### Задача 6

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	43	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
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	
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

### Задача 7

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	40,9	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 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	

### Задача 8

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	40,9	1. Знайти: а) коваріаційну матрицю; б) оцінку дисперсії оббурювань. 2. Зробити аналіз одержаних результатів.
2	1,7	13,7	40,5	
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	

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття**

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

**Тема: Визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів і функції регресії**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів і функції регресії.
2. Оцінка значимості множинної регресії.

### Завдання для самостійної роботи.

#### Задача 1

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	83,6	222	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

#### Задача 2

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	222	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

### Задача 3

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	83,6	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

### Задача 4

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	18,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

### Задача 5

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	43	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

### Задача 6

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	43	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	
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	

### Задача 7

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	40,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
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	

### Задача 8

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	40,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-7) визначити довірчі інтервали для коефіцієнтів і функції регресії
2	1,7	13,7	40,5	
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	

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Мультиколеніарність та її вплив на параметри моделі**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Мультиколінеарність.
2. Лінійні регресійні моделі зі змінною структурою. Фіктивні змінні.

### Завдання для самостійної роботи.

#### Задача 1

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	
1	6,6	83,6	222	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненааявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

#### Задача 2

№ п/п	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	
1	6,6	6,9	222	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненааявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

### Задача 3

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	6,6	6,9	83,6	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

### Задача 4

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	18,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

### Задача 5

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	43	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

### Задача 6

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	43	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	
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	

### Задача 7

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	31,3	40,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
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	

### Задача 8

№ п/п	$y$	$x_1$	$x_2$	
1	0,9	18,9	40,9	1. Виходячи із результатів обчислень на попередніх практичних заняттях (6-8) визначити наявність (або ненаявність) мультиколінеарності пояснюючих змінних
2	1,7	13,7	40,5	
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	

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Методологія прийняття управлінських рішень**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Григорків В.С. Економетрика: Лінійні моделі парної та множинної регресії: навчальний посібник. - Чернівці: ЧНУ, 2009.-224 с.
2. Рабочая книга по прогнозированию / [Бестужев-Лада И.В., Саркисян С.А., Минаев Э.С. и др.]. – М.: Мысль, 1982. – 426 с.
3. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. – М.: Дело, 1998. – 816 с.
4. Вентцель Е.С. Вероятностное прогнозирование деятельности человека. – М.: Наука, 1977. – 267 с.



**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Процедура прийняття рішень.
2. Задача оптимізації.

Задача 1. Використовуючи процедуру прийняття рішень необхідно розробити множину критеріїв діяльності місцевої ланки територіальної підсистеми ЄСЦЗ.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема:** Синтез моделі формування узагальненого критерію

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Формування багатокритеріальних скалярних оцінок.
2. Методи прийняття рішень при багатьох критеріях.

Задача 1. Задача 1. 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
Виробник	Україна	Україна	Україна	Україна	Україна
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, м3/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)
Всмоктуючий пристрій	Вакуумне з електроприводом	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Лафетний ствол		ПЛС-П 20	СЛК –П 20	СЛК-С-60	«Пурга»
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
Насос	НЦП-20/200	НПЦК-40/100-4/400	НПЦ-40/100-Р-Р	ПН 60Б	НЦПН-100/100
- 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 та адитивної форм функції корисності.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Вимірювання та шкалювання часткових критеріїв**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Вимір і шкалювання часткових критеріїв.
2. Опис функції корисності часткових оцінок.

Задача 1. 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
Виробник	Україна	Україна	Україна	Україна	Україна
Кабіна	1+6	1+6	1+6	1+6	1+2
Запас вогнегасних засобів, м3/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)
Всмоктуючий пристрій	Вакуумне з електроприводом	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий	Насос вакуумний, струменевий
Довжина напірних рукавів, м	340	420	348	420	480
Лафетний ствол		ПЛС-П 20	СЛК –П 20	СЛК-С-60	«Пурга»
Дальність подачі:					
- водяного струменя, м	20	50	50	70	100
- пінного струменя, м		30	35	40	60
Насос	НЦП-20/200	НПЦК-40/100-4/400	НПЦ-40/100-Р-Р	ПН 60Б	НЦПН-100/100
- 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

Визначити види шкал наведених критеріїв. Провести нормалізацію часткових критеріїв задачі.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Задача прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.



### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Види невизначеності.
2. Задача прийняття рішень в умовах невизначеності.

Задача 1. 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, м3/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

Сформулювати задачу умовної оптимізації.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
**для проведення практичного заняття**  
**з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Імітаційна модель в умовах ризику та невизначеності**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Імітаційна модель в умовах ризику та невизначеності.
2. Метод Монте-Карло.

Задача 1. 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

Сформувати задачу умовної оптимізації та знайти оптимальне рішення за допомогою методу Монте-Карло.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття**

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

**Тема: Постановка задачі чисельного пошуку екстремуму**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
2. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – К.: Вища шк., 1988.
3. Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. Либідь. 1996. – 288 с.
4. Крылов В. И. и др. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 1979. – Т. 2. – 400 с.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Задача безумовної оптимізації: основні поняття.
2. Методи виключення інтервалів.

**Задача.** Знайти екстремум функції

$$f(x^*) = 2xn + 3x - 4n$$

де  $n$  – номер здобувача за журналом.

За допомогою наступних методів:

- а) метод ділення інтервалу навпіл;
- б) метод «золотого» перетину.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття**

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

**Тема: Чисельні методи пошуку екстремуму функції багатьох змінних**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
2. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – К.: Вища шк., 1988.
3. Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. Либідь. 1996. – 288 с.
4. Крылов В. И. и др. Численные методы . – М.: Наука, 1978. – 1979. – Т. 2. – 400 с.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Методі першого порядку.
2. Модифікації алгоритмів градієнтного методу.

**Задача 1.** Виконати один цикл пошуку 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  $h=1$ .

**Задача 2.** Задача безумовної оптимізації функції має вигляд

$$I(u) = u^2 + 2u + 2 \rightarrow \min_u.$$

Обчислити оптимальний параметр кроку в алгоритмі градієнтного спуску.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Пошук екстремуму функції багатьох змінних методами другого  
порядку**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
2. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – К.: Вища шк., 1988.
3. Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. Либідь. 1996. – 288 с.
4. Крылов В. И. и др. Численные методы . – М.: Наука, 1978. – 1979. – Т. 2. – 400 с.



**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Методі другого порядку.
2. Модифікації методу Ньютона.

**Задача 1.** 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  $f(u)$ :

$$u^{(0)} = [-1, 2; 1]^T, \quad u^{(1)} = [-1, 3; 1, 07]^T.$$

Визначити напрямок пошуку з точки  $u^{(1)}$ , користуючись методом Ньютона.

Пошук точки екстремуму зобразити графічно.

**Задача 2.** Знайти точки стаціонарності функції  $I(u_1, u_2) = u_1 - u_1^2 - u_1^3 - u_1 u_2$  і вияснити, які з них є точками максимуму.

Записати і розрахувати матрицю Гессе функції у точках її стаціонарності.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри

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

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Задача умовної оптимізації. Узагальнення методу Лагранжа**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Задача умовної оптимізації.
2. Узагальнення методу Лагранжа.

#### Задача 1

Нехай дана лінійна функція  $f(x) = x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 - 3x_5 + x_6 - 2x_7 \rightarrow \min$  семи змінних, тобто  $n = 7$ , яка містить  $m = 5$  рівнянь-обмежень:

$$x_1 - x_2 + x_3 = 4$$

$$2x_1 - x_2 - x_3 - x_4 = -5$$

$$x_1 + x_2 - x_5 = -4$$

$$x_2 + x_6 = 5$$

$$2x_1 - 2x_2 - x_6 + 2x_7 = 7$$

$$x_j \geq 0; \quad j = \overline{1,7}.$$

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

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_\_ від \_\_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

**для проведення практичного заняття**

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

**Тема: Задачі лінійного програмування**

**Місце проведення: аудиторія за розкладом занять**

**Час проведення: 80 хвилин.**

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

### Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Задача оптимізації міжгалузевих зв'язків.
2. Транспортна задача.

#### Задача 1.

Компанія контролює три фабрики  $A_1, A_2, A_3$ , здатні виготовляти 150, 60 та 80 тис. од. продукції щотижня. Компанія уклала договір із чотирма замовниками  $B_1, B_2, B_3$ , яким потрібно щотижня відповідно 110, 40, 60 та 80 тис. од. продукції. Вартість виробництва та транспортування 1000 од. продукції замовникам з кожної фабрики наведено в таблиці.

Фабрика	Вартість виробництва і транспортування 1000 од. продукції за замовниками			
	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	4	4	2	5
$A_2$	5	3	1	2
$A_3$	2	1	4	2

Визначити для кожної фабрики оптимальний план перевезення продукції до замовників, що мінімізує загальну вартість виробництва і транспортних послуг.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ

полковник служби цивільного захисту

О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**

для проведення практичного заняття

з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Основні поняття теорії подвійності**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Основна та двоїста задачі як пара взаємоспряжених задач ЛП.
2. Двоїсті оцінки. Стійкість оптимальних планів прямої та двоїстої задач.

**Задача 1.**

До наведеної задачі лінійного програмування записати двоїсту задачу. Розв'язати одну з них симплекс-методом та визначити оптимальний план іншої задачі.

$$Z = -5x_1 + 2x_2 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 5, \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0.$$

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»**

**Тема: Задача оптимального управління**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Кини Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Л.Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981.
2. Р.Штойер Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления, приложения / Р. Штойер. – М.: Радио и связь, 1992.
3. 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.
4. 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.



## Питання для повторення теоретичного матеріалу:

1. Постановка задачі оптимального управління.
2. Принцип максимуму.
3. Чисельні методи рішення задач оптимального управління.

### Задача 1.

Фірма планує нарощувати виробничі потужності на чотирьох підприємствах, маючи для цього 4 млн грн. Для кожного з підприємств розроблено інвестиційні проекти, які відбивають прогнозовані сумарні витрати  $C$  та доходи  $D$ , пов'язані з реалізацією кожного проекту. Зміст цих проектів ілюструє таблиця:

Проект	Підприємство							
	1		2		3		4	
	$C_1$	$D_1$	$C_2$	$D_2$	$C_3$	$D_3$	$C_4$	$D_4$
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3	1	4	2	4	1	2
3	2	5	2	6	3	9	2	8
4	3	7	3	8	4	12	3	5

Перший проект передбачає відмовитися від розширення підприємства, а тому має нульові витрати і доходи. Розробити план I інвестування виділених коштів у зазначені підприємства так, щоб одержати максимальний прибуток.

**Розв'язування.** Спрощеним і найменш ефективним способом розв'язування таких задач є перебір усіх можливих варіантів. Проте на практиці їх так багато, що проаналізувати всі і вибрати серед них найефективніший неможливо. Головними недоліками такого способу розв'язування є великий обсяг обчислень, відсутність апріорної інформації про неприпустимі розв'язки, а також неможливість скористатися проміжними результатами аналізу для відкидання неоптимальних комбінацій проектів.

Розв'яжемо цю задачу за алгоритмом (методом) **зворотного прогону**. Кроками задачі вважатимемо кожне з чотирьох підприємств, оскільки для кожного з них маємо вибрати оптимальний інвестиційний проект за обмежених грошових ресурсів.

Зауважимо, що в цьому разі нединамічний процес розглядаємо як динамічний, аби скористатися методами динамічного програмування для знаходження оптимального розв'язку. Зв'язок між зазначеними кроками забезпечується обмеженнями на загальний обсяг виділених коштів — 4 млн грн.

Змінні задачі візьмемо так, щоб послідовно керувати процесом розподілу коштів:

$x_1$  — обсяг капіталовкладень, виділених на кроках 1—4;

$x_2$  — те саме на кроках 2—4;

$x_3$  — те саме на кроках 3 і 4;

$x_4$  — те саме на кроці 4.

$k_i (i = \overline{1, n})$  — обсяги інвестицій на  $i$ -му підприємстві ( $k_i = 0, 1, 2, 3, 4$ ).

$k_i^* (i = \overline{1, n})$  — оптимальні обсяги інвестицій на  $i$ -му підприємстві.

Рекурентне співвідношення для зворотного прогону від кроку 4-го до 1-го (від четвертого підприємства до першого) подається у вигляді:

$$f_i^*(x_5) = 0,$$

$$f_i^*(x_j, k_i) = \max_{k_i} \{D_i(k_i) + f_{i+1}^*(x_j - C_i(k_i))\} \quad (i = \overline{1, 4}), \quad C_j(k_i) \leq X_j,$$

де  $f_i^*(x_j; k_i)$  — сумарна ефективність інвестицій з  $i$ -го кроку до останнього.

Тут  $f^*(x_5) = 0$ , оскільки п'ятого підприємства не існує. Виконаємо поетапні розрахунки за цією моделлю.

#### Етап 4.

$$f_4^*(x_j, k_i) = \max_{k_i} \{D_i(k_i) + f_{i+1}^*(x_i - C_i(k_i))\}$$

Результати розрахунків подамо таблицею:

$x_4$	Дохід $f_4(x_4; k_4) = D_4(k_4) + f_5^*(x_5)$					Оптимальний розв'язок	
	$k_4 = 0$	$k_4 = 1$	$k_4 = 2$	$k_4 = 3$	$k_4 = 4$	$f_4^*(x_4)$	$k_4^*$
0	0	0				0	0
1	0	2				2	1
2	0	2	8			8	2
3	0	2	8	5		8	2
4	0	2	8	5		8	2

#### Етап 3.

$$f_3^*(x_3) = \max_{k_3} \{D_3(k_3) + f_4^*(x_3 - C_3(k_3))\}$$

за умов

$$C_3(k_3) \leq X_3, \quad k_3 = 0, 1, 2, 3, 4.$$

Результати розрахунків відбиває таблиця:

$x_3$	Дохід $f_3(x_3; k_3) = D_3(k_3) + f_4^*(x_3 - C_3(k_3))$				Оптимальний розв'язок	
	$k_3 = 1$	$k_3 = 2$	$k_3 = 3$	$k_3 = 4$	$f_3^*(x_3)$	$k_3^*$
0	$0 + f_4^*(0-0) = 0 + 0 = 0$				0	0
1	$0 + f_4^*(1-0) = 0 + 2 = 2$				2	0
2	$0 + f_4^*(2-0) = 0 + 8 = 8$	$4 + f_4^*(2-2) = 4 + 0 = 4$			8	0
3	$0 + f_4^*(3-0) = 0 + 8 = 8$	$4 + f_4^*(3-2) = 4 + 2 = 6$	$9 + f_4^*(3-3) = 9 + 0 = 9$		9	3
4	$0 + f_4^*(4-0) = 0 + 8 = 8$	$4 + f_4^*(4-2) = 4 + 8 = 12$	$9 + f_4^*(4-3) = 9 + 2 = 11$	$12 + f_4^*(4-4) = 12 + 0 = 12$	12	2 або 4

Розрахунки виконуються так. Нехай потрібно знайти  $f_3^*(x_3 = 3)$ .

Обчислюємо

$$f_3(x_3; k_3) = D_3(k_3) + f_4^*(x_3 - C_3(k_3)).$$

Отже,

$$f_3(x_3 = 3; k_3 = 1) = 0 + f_4^*(3 - 0) = 0 + f_4^*(3) = 0 + 8 = 8,$$

$$f_3(x_3 = 3; k_3 = 2) = 4 + f_4^*(3 - 2) = 4 + 2 = 6,$$

$$f_3(x_3 = 3; k_3 = 3) = 9 + f_4^*(3 - 3) = 9 + 0 = 9.$$

Запишемо, що  $C_3(k_3 = 1) = 0$ , оскільки для третього підприємства не існує проекту з інвестиціями в 1 млн грн. Значення  $f_4^*(x_3 - C_3(k_3))$  беремо з попередньої таблиці. Далі маємо:

$$f_3^*(x_3) = \max_{k_3=1,2,3} \{D_3(k_3) + f_4^*(x_3 - C_3(k_3))\} = \max\{0, 8, 9\} = 9.$$

## Етап 2.

$$f_2^*(x_2) = \max_{k_2} \{D_2(k_2) + f_3^*(x_2 - C_2(k_2))\}$$

за умов

$$C_2(k_2) \leq x_2, \quad k_2 = 0, 1, 2, 3, 4.$$

Результати розрахунків подаємо таблицею:

$x_2$	Дохід $\{f_2(x_2; k_2) = D_2(k_2) + f_3^*(x_2 - C_2(k_2))\}$					Оптимальний розв'язок	
	$k_2 = 0$	$k_2 = 1$	$k_2 = 2$	$k_2 = 3$	$k_2 = 4$	$f_2^*(x_2)$	$k_2^*$
0	0					0	0
1	4	4				4	1
2	8	6	6			8	0
3	9	12	8	8		12	1
4	12	13	14	10		14	2

## Етап 1.

$$f_1^*(x_1) = \max_{k_1} \{D_1(k_1) + f_2^*(x_1 - C_1(k_1))\}$$

за умов

$$C_1(k_1) \leq x_1, \quad k_1 = 0, 1, 2, 3, 4.$$

Виконуємо розрахунки лише для  $x_1 = 4$ , подаючи їх у вигляді таблиці:

$x_1$	Дохід $f_1(x_1; k_1) = D_1(k_1) + f_2^*(x_1 - C_1(k_1))$				Оптимальний розв'язок	
	$k_1 = 1$	$k_1 = 2$	$k_1 = 3$	$k_1 = 4$	$f_1^*(x_1)$	$k_1^*$
4	$3 + f_2^*(4 - 1) = 3 + 12 = 15$	$5 + f_2^*(4 - 2) = 5 + 6 = 11$	$7 + f_2^*(4 - 3) = 7 + 4 = 11$		15	1

Знайдемо оптимальний план. Із таблиці першого кроку випливає, що  $k_1^* = 1$ , тобто для першого підприємства реалізується другий проект, який використовує 1 млн грн. інвестицій з ефективністю 3 млн грн. Отже,  $x_3 = 3 - 1 = 2$  для другого, третього і четвертого підприємств залишається  $4 - 1 = 3$  млн грн. інвестицій. Із таблиці другого кроку маємо, що за умов  $x_2 = 3$  максимальний ефект настає в разі реалізації для другого підприємства першого проекту ( $k_2 = 1$ ) ефективність становить 4 млн грн. Отже,  $x_3 = 3 - 1 = 2$ , тобто для третього і четвертого підприємств слід використати 2 млн грн.

інвестицій. Із таблиці третього кроку за умов  $x_3 = 2$  маємо, що  $k_3 = 0$ . Отже,  $x_4 = 2$ , а йому відповідають капітальні вкладення  $k_4 = 2$ , ефективність яких 8 млн грн. Остаточно маємо: ефективність 4 млн грн. інвестицій становить  $3+4 + 8=15$  (млн грн.).

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри У та ОДСЦЗ  
полковник служби цивільного захисту  
О.М. Соболев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА**  
для проведення практичного заняття  
з навчальної дисципліни «Моделювання у сфері цивільного захисту»

**Тема: Безперервні системи. Рівняння Беллмана**

**Місце проведення:** аудиторія за розкладом занять

**Час проведення:** 80 хвилин.

**Навчальні питання**

Вступ .....	5 хв.
1. Повторення теоретичного матеріалу за темою .....	15 хв.
2. Розв'язання задач .....	55 хв.
Підведення підсумків .....	5 хв.

**Література:**

1. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2011. – 324 с.
2. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – К.: Вища шк., 1988.
3. Ляшенко М.Я., Головань М.С. Чисельні методи: Підручник. Либідь. 1996. – 288 с.
4. Крылов В. И. и др. Численные методы . – М.: Наука, 1978. – 1979. – Т. 2. – 400 с.

**Питання для повторення теоретичного матеріалу:**

1. Принцип оптимальності.
2. Безперервні системи. Рівняння Беллмана.
3. Рішення рівняння Беллмана.

**Приклад 1.**

Безперервна задача оптимального управління представлена наступною системою рівнянь:

$$\dot{x} = -0.1x + 0.2u, x(t_i) = x_i, n = m = 1,$$

$$I = \int_{t_i}^{t_k} (x^2 + u^2) dt.$$

Виконаємо дискретизацію при  $T=1$ . Дискретна задача має такий вигляд:

$$x[k+1] = 0.9x[k] + 0.2u[k], x[k_i] = x_i;$$

$$I = \sum_{k=k_i}^{N-1} (x^2[k] + u^2[k]), N = 100.$$

Розглянемо останній інтервал  $(N-1)T \leq t \leq NT$

На цьому інтервалі відповідно до методу необхідно мінімізувати критерій

$$I_{N-1} = I_{99} = x^2[99] + u^2[99]; dI_{99} / du[99] = 0, u[99] = 0$$

Представимо залежності  $U_{omn}[99] = U_{omn}(x[99]) = 0, S_{99} = S_{99}(x[99]) = x[99]^2$  у вигляді таблиць.

Таблиця1

N n/n	$S_{99}$	$x[99]$
1	0	0
2	1	1
3	4	2

Таблиця2

N n/n	$U_{omn}[99]$	$x[99]$
1	0	1
2	0	2
3	0	3

Розглянемо тепер N-2 інтервал.

$$I_{N-2} = f_0(x[N-2], u[N-2]) + f_0(x[N-1], u[N-1]).$$

$$I_{98} = u^2[98] + x^2[98] + x^2[99] + u^2[99].$$

$$\min_{u[N-2]} I_{N-2} = \min_{u[N-2]} \{f_0(x[N-2], u[N-2]) + S_{99}(x[99])\}$$

$$S_{98} = \min_{u[98]} \{u^2[98] + x^2[98] + x^2[99]\} = \min_{u[98]} \{u^2[98] + x^2[98] + 0.9x[98] + 0.2u[98]\}$$

Звідси знаходимо:

$$U_{om}[98] = -0.17x[98].$$

Представимо залежності  $U_{om}[98] = -0.17x[98], S_{98} = S_{98}(x[98])$  у вигляді таблиць.

Таблиця 3

N n/n	$U_{om}[98]$	$x[98]$
1	0,34	-2
2	0,17	-1
3	0	0
4	-0,17	1

Таблиця 4

N n/n	$U_{om}[98]$	$x[98]$
1	7,12	2
2	1,8	1
3	0	0
4	1,8	-1

Аналогічним чином вирішуємо задачу на всіх інтервалах оптимізації і одержуємо рішення для різних початкових умов.

Нехай  $t_n = \kappa_n \cdot T = 98, x(t_n) = x[98] = 1$

Згідно табл.3, при  $x[98] = 1$ .

Тоді  $x[99] = 0.9x[98] + 0.1[98] = 0.87$

Згідно табл.2,  $U_{om}[99] = 0$  при  $x[99] = 0.87$

Таким чином

$$k = 98, U_{om}[98] = -0.17, x[98] = 1;$$

$$k = 99, U_{om}[99] = 0, x[99] = 0.87, x[100] = 0.63$$

По таблицях 4 і 1 можуть бути визначені значення критерію оптимізації. Отримано оптимальну керуючу послідовність і оптимальну траєкторію.

Розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
 Протокол № \_\_ від \_\_ серпня 20\_\_ р.