


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

Кафедра математичного моделювання та штучного інтелекту (№ 304)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Голова НМК

  
Зряхов М.С.

« 30 » 08 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Математичне моделювання соціально-економічних процесів**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань:**

11 «Математика і статистика», 12 Інформаційні технології  
(шифр і найменування галузі знань)

**Спеціальність:**

113 Прикладна математика, 122 Інтелектуальні системи та технології  
(код та найменування спеціальності)

**Освітня програма**

Обчислювальний інтелект, Інтелектуальні системи та технології

**Рівень вищої освіти:** другий (магістерський)

Харків 2019 рік

Робоча програма Математичне моделювання соціально-економічних процесів

(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю 113 Прикладна математика, 122 Інтелектуальні системи та технології

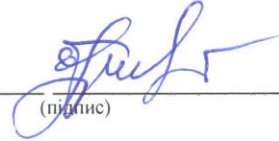
освітньою програмою Обчислювальний інтелект, Інтелектуальні системи та технології

« 28 » серпня 2019 р., – \_\_\_\_ с.

Розробник: Пічугіна О.С., к.ф.-м.н., доцент

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

(підпис)



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри \_\_\_\_\_ математичного моделювання та штучного інтелекту

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » 08 2019 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

А.Г. Чухрай

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня-програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 6	<p><b>Галузь знань:</b>  <u>11 «Математика і статистика»</u>,  <u>12 Інформаційні технології</u>                      (шифр і найменування )</p> <p><b>Спеціальність:</b>  <u>113 Прикладна математика</u>,  <u>122 Інтелектуальні системи та технології</u>                      (код та найменування)</p> <p><b>Освітня програма:</b>  <u>Обчислювальний інтелект, Інтелектуальні системи та технології</u></p> <p><b>Рівень вищої освіти:</b>  <u>другий (магістерський)</u></p>	Цикл дисциплін професійної підготовки
Кількість модулів – 2		<b>Навчальний рік</b>
Кількість змістових модулів – 4		2019 / 2020
РР « <u>Сумісна оптимізація промислового й сільськогосподарського виробництва в зонах із забрудненою промисловістю атмосферою</u> »		<b>Семестр</b>
		10-й
		<b>Лекції *)</b>
Загальна кількість годин – 64 / 180		32 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 7.3		<b>Практичні, семінарські</b>
		32 год.
		<b>Лабораторні</b>
	0 год.	
	<b>Самостійна робота</b>	
	116 год.	
<b>Вид контролю:</b>		
	іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить – 64 / 116.

\*) Аудиторне навантаження може бути зменшено або збільшено на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна «Математичне моделювання соціально-економічних процесів» (ММСЕП) напрямлена на здобуття фундаментальних теоретичних знань і формування практичних навичок застосування методів математичного моделювання до розв'язання чисельних практичних економіко-соціальних та екологічних проблем.

Основною **метою** вивчення дисципліни ММСЕП являється формування у студентів фундаментальних теоретичних знань у галузі моделювання реальних процесів і отримання практичних навичок із питань постановки та вирішення практичних економічних, екологічних та соціальних проблем із використанням набутого математичного апарату.

Головним **завданням** дисципліни є ознайомлення студентів з основними поняттями, прийомами та засобами моделювання реальних складних еколого-економічних та соціальних процесів як інструментарію формалізації реальних прикладних задач із метою дослідження характеру процесів і подальшого застосування чисельних методів із використанням комп'ютерів.

**Результати навчання:** Оволодіння головними принципами, методами та прийомами математичного моделювання практичних задач, пов'язаних оптимальним плануванням та керуванням соціально-економічними процесами, а також комп'ютерними засобами розв'язання модельних задач у цій області.

**Міждисциплінарні зв'язки:** Дисципліна «Математичне моделювання соціально-економічних процесів» ґрунтується на таких дисциплінах, як «Моделі і методи прийняття рішень», «Методи оптимізації та дослідження операцій», «Математичний аналіз», «Алгебра і геометрія», «Інформатика».

## 3. Програма навчальної дисципліни

### Модуль 1

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Основні поняття дисципліни «Математичне моделювання соціально-економічних процесів» (ММСЕП). Математичне моделювання соціальних процесів. Причинний аналіз у ММСЕП.**

**Тема 1. Основні поняття і підходи ММСЕП.**

1. Вступ. Основні поняття ММСЕП.
2. Моделювання соціальних систем. Огляд методів моделювання СС

**Тема 2. Причинний аналіз.**

3. Причинний аналіз. Застосування причинного аналізу у математичному моделюванні реальних задач і статистичному аналізі.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Моделі оптимального виробництва, що враховують шкоду навколишньому середовищу**

**Тема 3. Математичні моделі оптимального планування виробництва.**

4. Огляд математичних моделей оптимального виробництва. Задача максимізації еколого-економічної ефективності виробництва при обмеженнях на технологію та обсяг ресурсів.
5. Моделювання вибору способу виробництва з урахуванням шкоди навколишньому середовищу (Модель складання плану виробництва продукції з урахуванням витрат на уникнення забруднення навколишнього середовища (забруднення НС, ЗНС)).

**Тема 4. Математичні моделі стратегічного планування.**

6. Довгострокове планування стану навколишнього середовища (Модель – розвиток виробництва з урахуванням рівнів очищення повітряного басейну та варіантів технічного переозброєння промисловості).
7. Довгострокове регіональне планування (Модель – регіональна модель оптимального промислового виробництва з урахуванням забруднення навколишнього середовища).

**Тема 5. Статистичне прогнозування і математичні моделі оптимального планування на його основі.**

8. Статистичний аналіз у ММСЕП (Модель - Моделювання впливу атмосферних забруднень на сільськогосподарське виробництво).
9. Модель - Оптимізація структури посівних площ із урахуванням впливу атмосферних забруднень.
10. Модель - Сумісна оптимізація промислового й сільськогосподарського виробництва в зонах із забрудненою атмосферою.

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. Математичні балансові моделі**

**Тема 6. Балансові та оптимізаційні моделі оптимального планування.**

11. Балансові моделі та застосування матричної алгебри у розрахунках. (Модель – модель міжгалузевого балансу (ММБ) та визначення собівартості продукції. Балансові моделі з обмеженнями).
12. Балансові моделі (Модель– модель міжгалузевого балансу (ММБ) з урахуванням забруднення навколишнього середовища (ЗНС)).

**ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. Стохастичні математичні моделі соціально-економічних процесів**

**Тема 7. Стохастичні соціально-економічні математичні моделі та їх детерміновані еквіваленти.**

13. Елементи стохастичного програмування (СП). Класифікація задач стохастичного програмування (задач СП, ЗСП). Зведення стохастичної задачі до детермінованої. Детерміновані еквіваленти ЗСП.
14. М-задача лінійного СП з детермінованою матрицею обмежень і дискретним розподілом випадкових параметрів. Модифікації задачі з обмеженнями на обсяг очікуваного прибутку і дисперсію. Вибір оптимального варіанту розвитку виробництва по коефіцієнту варіації.
15. М-задача лінійного СП з детермінованою матрицею обмежень і нормальним розподілом випадкових параметрів цільової функції і вектора правих частин матриці обмежень.

16.М-задача лінійного СП з корельованими коефіцієнтами рядків матриці обмежень з відповідним коефіцієнтом правих частин і нормальним розподілом випадкових параметрів. Окремі випадки задачі.

## МОДУЛЬ 2.

Розрахункова робота «Сумісна оптимізація промислового й сільськогосподарського виробництва в зонах із забрудненою промисловістю атмосферою»

### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Основні поняття дисципліни «Математичне моделювання соціально-економічних процесів» (ММСЕП). Математичне моделювання соціальних процесів. Причинний аналіз у ММСЕП.</b>					
Тема 1. Основні поняття і підходи ММСЕП.	8	4			4
Тема 2. Причинний аналіз	12	2	4		6
Разом за змістовим модулем 1	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>10</b>
<b>Змістовий модуль 2. Моделі оптимального виробництва, що враховують шкоду навколишньому середовищу.</b>					
Тема 3. Математичні моделі оптимального планування виробництва.	22	4	4		14
Тема 4. Математичні моделі стратегічного планування.	22	4	4		14
Тема 5. Статистичне прогнозування і математичні моделі оптимального планування на його основі.	30	6	8		16
Разом за змістовим модулем 1	<b>74</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>44</b>
<b>Змістовий модуль 3. Математичні балансові моделі</b>					
Тема 6. Балансові та оптимізаційні моделі оптимального планування.	24	4	4		16
Разом за змістовим модулем 3	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>16</b>
<b>Змістовий модуль 4. Стохастичні математичні моделі соціально-економічних процесів</b>					
Тема 7. Стохастичні соціально-економічні математичні моделі та їх детерміновані еквіваленти.	40	8	8		24
Разом за змістовим модулем 4	<b>40</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>24</b>
<b>Усього годин (Модуль 1)</b>	<b>158</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>94</b>

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 2</b>					
РР «Сумісна оптимізація промислового і сільськогосподарського виробництва в зонах із забрудненою промисловістю атмосферою»	20				20
Контрольний захід (захист, 2-а пол. дня)	2				2
<b>Усього годин (Модуль 2)</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>116</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
	—	

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Причинний аналіз	4
2.	Загальна математична модель планування виробництва	2
3.	Задача максимізації еколого-економічної ефективності виробництва при обмеженнях на технологію та обсяг ресурсів. Моделювання вибору способу виробництва з урахуванням шкоди навколишньому середовищу (Модель – складання плану виробництва продукції з урахуванням витрат на уникнення забруднення навколишнього середовища (забруднення НС, ЗНС).	2
4.	Довгострокове планування стану навколишнього середовища. Модель – розвиток виробництва з урахуванням рівнів очищення повітряного басейну та варіантів технічного переозброєння промисловості.	2
5.	Довгострокове регіональне планування. Модель – регіональна модель оптимального промислового виробництва з урахуванням забруднення навколишнього середовища.	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
6.	Статистичний аналіз у ММСЕП (Модель - Моделювання впливу атмосферних забруднень на сільськогосподарське виробництво)	2
7.	Модель - Оптимізація структури посівних площ із урахуванням впливу атмосферних забруднень.	2
8.	Модель - Сумісна оптимізація промислового й сільськогосподарського виробництва в зонах із забрудненою атмосферою.	4
9.	Модель – модель міжгалузевого балансу (ММБ) та визначення собівартості продукції. Балансові моделі з обмеженнями.	2
10.	Модель - модель міжгалузевого балансу (ММБ) з урахуванням забруднення навколишнього середовища (ЗНС).	2
11.	М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, детермінованою матрицею обмежень, дискретним розподілом випадкових параметрів: Задача про планування торгівельної діяльності, що забезпечує максимізацію прибутку від реалізації.	2
12.	М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, детермінованою матрицею обмежень, дискретним розподілом випадкових параметрів: Задача про формування портфеля цінних паперів.	2
13.	М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, детермінованою матрицею обмежень, нормальним розподілом випадкових параметрів: Задача 1. Задача про планування торгівельної діяльності, що забезпечує максимальний товарообіг.	2
14.	М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, нормальним розподілом випадкових параметрів та некорельованими коефіцієнтами різних обмежень: Задача 2. Задача про планування виробництва продукції з напівфабрикатів.	2
	<i>Разом</i>	32

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	—	



## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Основні поняття і підходи ММСЕП.	5
2	Тема 2. Причинний аналіз	10
3	Тема 3. Математичні моделі оптимального планування виробництва.	15
4	Тема 4. Математичні моделі стратегічного планування.	14
5	Тема 5. Статистичне прогнозування і математичні моделі оптимального планування на його основі.	15
6	Тема 6. Балансові та оптимізаційні моделі оптимального планування.	15
7	Тема 7. Стохастичні соціально-економічні математичні моделі та їх детерміновані еквіваленти.	20
8	Розрахункова робота і захист	22
	<b>Разом</b>	<b>116</b>

### а. Питання для самостійного вивчення

1. Глобальні моделі розвитку соціоекосистеми.
2. Моделі Форестера-Медоуза.
3. Моделі якості води. Моделі самоочищення води в природі.
4. Прогнозування СНС.
5. Оптимізація природних екосередовищ.
6. Модель озерної екосистеми.
7. Основи моделювання системи «Регіональна економіка – водний об’єкт».
8. Математична модель «Регіональна економіка – річка (розріз підприємств)».
9. Математична модель «Регіональна економіка – річка (розріз галузей)»
10. Модель міжгалузевої залежності цін. Аналіз продуктивності моделі «витрати–випуск»
11. Цикли ділової активності, безробіття, інфляція. Модель економічного циклу Хікса.
12. Задача 2. М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, нормальним розподілом випадкових параметрів та некорельованими коефіцієнтами різних обмежень: Задача про планування сільськогосподарської діяльності.
13. Задача 3. М-задача лінійного стохастичного програмування з ймовірнісними порядковими обмеженнями, детермінованою матрицею обмежень, дискретним

розподілом випадкових параметрів: Задача про планування торгівельної діяльності, що забезпечує максимізацію прибутку від реалізації.

14. Проекція множини на іншу множину. Субградієнт. Метод проектування субградієнтів та стохастичних субградієнтів (МПС, МПСС).
15. Задача стохастичного програмування з квадратичними обмеженнями і цільовою функцією.
16. Двоетапні ЗСП (2ЗСП).
17. Найпростіша постановка двоетапної ЗСП. Рівномірний розподіл випадкових параметрів.
18. Найпростіша постановка двоетапної ЗСП. Експоненційний розподіл випадкових параметрів.
19. Стохастичне динамічне програмування. Задача про здобич корисних копалин. Одноетапний та двоетапний процес.

## **9. Індивідуальні завдання**

1. Засвоєння лекційного матеріалу, пошук літератури та електронних джерел інформації.
2. Підготовка до практичних занять.
3. Виконання розрахункової роботи.
4. Підготовка до атестацій – захисту завдань на практичних заняттях, модульного контролю, захисту розрахункової роботи, іспиту.
5. Вивчення тем, винесених на самостійне опрацювання.

## **10. Методи навчання**

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод: та метод проблемного виконання (лекція).
2. Репродуктивний (практичні заняття).
3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький: (самостійна робота та виконання РР).

Дисципліна «Математичне моделювання соціально-економічних процесів» передбачає лекційні (в т. ч. із використанням мультимедійного обладнання), практичні заняття під керівництвом викладача та самостійну роботу студента за підручниками і методичними матеріалами (методичні посібники і мережеві ресурси), що забезпечує закріплення теоретичних знань, сприяє набуттю практичних навичок і розвитку самостійного наукового мислення. Передбачено регулярні індивідуальні консультації.

## 11. Методи контролю

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

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

### 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	1...2	3	3...6
Виконання і захист практичних робіт	2...3	2	4...6
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	1...2	7	7...14
Виконання і захист практичних робіт	2...3	8	16...24
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	1...2	2	2...4
Виконання і захист практичних робіт	2...3	2	4...6
<b>Змістовний модуль 4</b>			
Робота на лекціях	1...2	4	4...8
Виконання і захист практичних робіт	2...3	4	8...12
Модульний контроль	6...10	1	6...10
Виконання і захист РР	6...10	1	6...10
<b>Усього за семестр</b>			<b>60...100</b>

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

Білет для іспиту складається з двох теоретичних і двох практичних запитань, вартість кожного з яких і результативній оцінці складає 25 балів зі 100.

## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг **знань** для одержання позитивної оцінки:

- класифікація підходів до моделювання соціальних і еколого-економічних процесів,
- основні математичні методи розв'язання цих задач,
- поняття та методи дослідження стійкості екологічних систем,
- основні моделі популяцій,
- моделі оптимального планування виробничої та сільськогосподарської діяльності, що враховує стан навколишнього середовища,
- модель міжгалузевого балансу Леонт'єва-Форда;
- модель економічного циклу Хікса.

Необхідний обсяг **вмінь** для одержання позитивної оцінки:

- будувати математичні моделі реальних прикладних задач, які стосуються сфер життя суспільства, економіки та антропогенного впливу людської діяльності на навколишнє середовище, у вигляді задач оптимізації чи систем диференціальних рівнянь;
- класифікувати та обирати математичний метод їх розв'язання;
- збирати чи моделювати вхідні дані;
- використовувати ЕОМ для одержання розв'язків;
- давати інтерпретацію розв'язків та виробляти практичні рекомендації.

## 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь, виконати та захистити розрахункову роботу, здати модульний контроль. Відвідати не менше половини лекцій, виконати та захистити на бал 60%-74% від максимальної оцінки всі практичні роботи (або виконати та захистити на вищий бал 60%-74% практичних робіт).

**Добре (75 - 89).** Твердо оволодіти основною частиною необхідних знань і умінь, виконати та захистити розрахункову роботу, здати модульний контроль. Відвідати не менше 3/4 лекцій, виконати та захистити на бал 75%-89% від максимальної оцінки всі практичні роботи (або виконати та захистити на вищий бал 75%-89% практичних робіт).

**Відмінно (90 - 100).** У повному обсязі оволодіти основним та додатковим матеріалом, що стосується знань і умінь. Виконати та захистити розрахункову роботу, здати модульний контроль. Відвідати усі лекції, виконати та захистити на бал щонайменше 90% від максимальної оцінки всі практичні роботи (або виконати та захистити на вищий бал щонайменше 90% практичних робіт).

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
82 – 89	<b>B</b>	добре	
74 – 81	<b>C</b>		
64 – 73	<b>D</b>	задовільно	
60 – 63	<b>E</b>		
01 – 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

### 13. Методичне забезпечення

1. Пічугіна О.С. Моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів: Навчально-методичний посібник. - Полтава: РВВ ПУСКУ, 2008.– 63 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. І.М. Ляшенко, М.В. Коробова, А.М. Столяр. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів. – К.: Навчальна книга Богдан, 2006. – 304 с.

2. І.М. Ляшенко, А.П. Мукоєд. Моделювання біологічних та екологічних процесів. – К.: Київський університет, 2002. – 340 с.

3. В.І. Лаврик. Методи математичного моделювання в екології. – К.: «КМ Академія», 2002. – 203 с.

4. Математическое моделирование в экономике: Учеб. пособие / Л.Э. Хазанова. – К.: Изд-во БЕК, 1998. – 141 с.

5. Математическое моделирование в экологии: Учеб. пособие / А.С. Гринин, Н.А. Орехов, В.Н. Новиков. – М.: ЮНИТИ–ДАНА, 2003. – 269 с.

6. Математическое моделирование в экономике / Е.С. Кундышева; Под ред. Б.А. Суслаков. – М.: Издательско–торговая корпорация "Дашков и К", 2004. – 352 с. + Лабораторный практикум OPROS\_SYSTEM.

7. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник / В.В. Богобоящий, К.Р. Курбанов, П.Б. Палій, В.М. Шмандій. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.

8. Мазаракі А.А., Толбатов Ю.А.. Математичне програмування. К.: Четверта хвиля, 2006. – 206 с.

9. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации.- М.: Сов.Радио. 1974.- 400 с.

10. Таха Хэмди. Введение в исследование операций.- М.: ИД “Вильямс”.2001.-912 с.

11. Ермольев Ю.М., Ляшко И.И., Михалевич В.С., Тюптя В.И. Математические методы исследования операций: Учеб. Пособие для вузов.- К.: Вища школа. 1979.- 312 с.

12. Ермольев Ю.В. Методы стохастического программирования.- М.:Наука, 1976.- 240 с.

13. Ястремский А.И. Стохастические модели математической экономики.- К.: Вища школа. 1983.- 128 с.

#### Допоміжна

14. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды/ Г.И. Марчук. – М.: Наука. Гл. ред. Физико-мат. лит–ры, 1982. – 320 с.

15. Моделирование глобальных экономических процессов: Учеб. пособие / Под ред. В.С. Дадаян. – М.: Экономика, 1984. – 320 с.

16. Математическое моделирование иерархических систем с приложениями к биологии и экономики / М.К. Чернышев, М.Ю. Гаджиев. – М.: Наука, 1983. – 92 с.

17. Охрана окружающей среды (модели управления чистотой природной среды) / Под ред К.Г. Гофмана и А.А. Гусева. – М.: Экономика, 1977. – 231 с.

18. Математическое моделирование/ Под ред. Дж.Эндрюса и Р. Мак–Лоуна. – М.: Мир, 1979. – 280 с.

19. Горстко А.Б., Сурков Ф.А. Математика и проблемы сохранения природы. – М.: Знание, 1975. – 64 с.

20. Экономические основы экологии: учебное пособие / В. В. Глухов, Т. П. Некрасова. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.

21. Свиричев Ю. М., Логофет Д. О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978. – 352 с.

22. Раяцкас Р.Л., Виргилис П.С. Окружающая среда и проблемы планирования. – М.: Наука, 1981. – 272 с.

23. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования.- М.: Сов.Радио, 1979.- 392 с.

24. Збірник задач з прикладної математики: Навч. посібник/ Під ред. В.В.Семенця, А.Д.Тевяшева.- Харків: ХТУРЕ. 1999.- 136 с.

25. Романюк Т.П., Терещенко Т.А., Присенко Г.В., Городкова І.М. Математичне програмування: Навч. посібник.- К.: ІЗМН 1996.- 312 с.

26. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование: Учеб. пособие.- М.: Высш. Школа 1980.- 300 с.

27. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации.- К.: Вища школа. - 1983.- 512 с.

28. Вітлінський В.В., Наконечний С.І. Ризик у менеджменті.- К.:ТОВ „Бори сфен-М” 1996.- 336 с.

29. Сухарев А.Г., Тимохов. А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации.- М.:Наука, 1986.- 328 с.

## 15. Інформаційні ресурси

30. Papageorgiou, N.S., Kyritsi-Yiallourou, S.T.: Handbook of applied analysis. Springer, New York (2009). ISBN 978-0-387-78906-4

31. Hu, S., Papageorgiou, N.S.: Handbook of multivalued analysis. Vol. II. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2000). ISBN 978-0-7923-6164-0

32. Papageorgiou, N.S., Kyritsi-Yiallourou, S.T.: Multivalued Analysis. In: Handbook of Applied Analysis. pp. 455–527. Springer US (2009). [https://doi.org/10.1007/b120946\\_6](https://doi.org/10.1007/b120946_6).

33. Gass, S.I., Fu, M.C. eds: Stochastic Optimization. In: Encyclopedia of Operations Research and Management Science. pp. 1486–1486. Springer US (2013). [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7\\_200813](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7_200813).

34. Stochastic Optimization: Algorithms and Applications. Springer, Dordrecht ; Boston (2001).

35. Sen, S.: Stochastic Programming. In: Gass, S.I. and Fu, M.C. (eds.) Encyclopedia of Operations Research and Management Science. pp. 1486–1497. Springer US (2013). [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7\\_1005](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1153-7_1005).

36. Prékopa, A.: Stochastic programming models: random objective Stochastic Programming Models: Random Objective. In: Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (eds.) Encyclopedia of Optimization. pp. 3782–3783. Springer US (2008). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0\\_657](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_657).

37. Vlerk, M.H. van der: Stochastic programming with simple integer recourse Stochastic Programming with Simple Integer Recourse. In: Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (eds.) Encyclopedia of Optimization. pp. 3795–3797. Springer US (2008). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0\\_660](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_660).

38. Dupačová, J.: Stochastic programming: minimax approach Stochastic Programming: Minimax Approach. In: Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (eds.) Encyclopedia of Optimization. pp. 3778–3782. Springer US (2008). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0\\_656](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_656).

39. Evstigneev, I., Flåm, S.D.: Stochastic programming: nonanticipativity and lagrange multipliers Stochastic Programming: Nonanticipativity and Lagrange Multipliers. In: Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (eds.) Encyclopedia of Optimization. pp. 3783–3789. Springer US (2008). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0\\_658](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_658).

40. Vladimirov, H., Zenios, S.A.: Stochastic programming: parallel factorization of structured matrices Stochastic Programming: Parallel Factorization of Structured Matrices. In: Floudas, C.A. and Pardalos, P.M. (eds.) Encyclopedia of Optimization. pp. 3789–3795. Springer US (2008). [https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0\\_659](https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_659).

41. Wets, R.: Stochastic Programming: Solution Techniques and Approximation Schemes. In: Bachem, A., Korte, B., and Grötschel, M. (eds.) Mathematical Programming The State of the Art. pp. 566–603. Springer Berlin Heidelberg (1983). [https://doi.org/10.1007/978-3-642-68874-4\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68874-4_22).