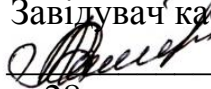


**Навчально-науковий інститут денної освіти
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КНІТ
 **Олена ОЛЬХОВСЬКА**
« 28 » червня 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни	«Елементи комбінаторної оптимізації»
освітня програма	Комп'ютерні науки
спеціальність	122 Комп'ютерні науки
галузь знань	12 Інформаційні технології
ступінь вищої освіти	бакалавр

Робоча програма навчальної дисципліни «Елементи комбінаторної оптимізації»
рекомендована до використання в освітньому процесі на засіданні кафедри комп'ютерних
наук та інформаційних технологій
Протокол від «28» червня 2024 р. №13

Полтава 2024

Укладач: Чілікіна Тетяна Василівна, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, к.ф.-м.н.

ПОГОДЖЕНО:

Гарант освітньої програми «Комп'ютерні науки» спеціальності 122
Комп'ютерні науки ступеня бакалавра, к.ф.-м.н, доцент



Оксана ЧЕРНЕНКО

« 28 » червня 2024 р.

Зміст
робочої програми початкової дисципліни

<u>Розділ 1. Опис навчальної дисципліни</u>	4
<u>Розділ 2. Перелік компетентностей та програмні результати навчання</u>	4
<u>Розділ 3. Програма навчальної дисципліни</u>	5
<u>Розділ 4. Тематичний план вивчення навчальної дисципліни</u>	6
<u>Розділ 5. Оцінювання результатів навчання</u>	9
<u>Розділ 6. Інформаційні джерела</u>	9
<u>Розділ 7. Програмне забезпечення навчальної дисципліни</u>	10

Розділ 1. Опис навчальної дисципліни

Таблиця 1. Опис навчальної дисципліни «Елементи комбінаторної оптимізації»

Місце у структурно-логічній схемі підготовки	<i>Пререквізити:</i> "Дискретна математика", "Алгебра та геометрія", "Методи оптимізації та дослідження операцій", «Теорій ймовірностей та математична статистика», «Математичний аналіз» <i>Постреквізити:</i> Переддипломна практика, Дипломне проектування	
Мова викладання	Українська	
Статус дисципліни	Обов'язкова	
Курс/семестр вивчення	3/6	
Кількість кредитів ECTS/кількість модулів	4/2	
Денна форма навчання:		
Кількість годин: 120 год – загальна кількість: 6 семестр – 120 год.		
- Лекції: 24 год.		
- Практичні (семінарські, лабораторні) заняття: 24 год.		
- Самостійна робота: 72 год.		
- Вид підсумкового контролю (ПМК, екзамен): 6 семестр - ПМК		
Заочна форма навчання:		
Кількість годин: 120 год – загальна кількість: 6 семестр – 120 год.		
- Лекції: 8 год.		
- Практичні (семінарські, лабораторні) заняття: 6 год.		
- Самостійна робота: 106 год.		
- Вид підсумкового контролю (ПМК, екзамен): 6 семестр - ПМК		

Розділ 2. Перелік компетентностей та програмні результати навчання

Метою вивчення дисципліни “Елементи комбінаторної оптимізації” являється формування особистості студентів як спеціалістів, розвиток їх інтелекту і здібностей до логічного і алгебраїчного мислення на основі систематичного засвоєння засобів комбінаторної оптимізації, а також формування у студентів вміння застосовувати сучасні методи математичного моделювання та комбінаторної оптимізації в науці, економіці та інших галузях.

Таблиця 2. Перелік компетентностей та програмні результати навчання, які забезпечує навчальна дисципліна “Елементи комбінаторної оптимізації”

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач	Програмні результати навчання
1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1).	ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2).	
3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК3).	
	ПР2. Використовувати сучасний

<p>4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК4).</p> <p>5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК6).</p> <p>6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК7).</p> <p>Здатність бути критичним і самокритичним (ЗК10).</p> <p>Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК11).</p> <p>Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК12)</p> <p>Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування (СК1).</p> <p>Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні рішення, будувати моделі оптимального вибору управління з урахуванням змін параметрів економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії (СК 2).</p>	<p>математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.</p>
---	---

Розділ 3. Програма навчальної дисципліни

Зміст дисципліни за змістовими модулями та темами

Модуль 1. Моделювання задачами комбінаторної оптимізації

Тема 1. Евклідові комбінаторні множини та задачі на них.

Вступна лекція. Основні поняття. Постановка задач комбінаторної оптимізації. Многогранник переставлень та розміщень та їх властивості.

Тема 2. Моделі задач комбінаторної оптимізації.

Приклади моделювання проблем задачами комбінаторної оптимізації.

Модуль 2. Методи комбінаторної оптимізації

Тема 3. Метод гілок та меж.

Метод гілок та меж до розв'язування умовних лінійних та нелінійних задач комбінаторної оптимізації на переставленнях. Розв'язування комбінаторних транспортних задач на переставленнях методом гілок та меж.

Тема 4. Методи комбінаторного відсікання.

Методи відсікання для лінійних евклідових комбінаторних задач оптимізації з додатковими лінійними обмеженнями.

Застосування методу відсікання до розв'язування економічних оптимізаційних задач.

Розділ 4. Тематичний план вивчення навчальної дисципліни

Таблиця 3. Тематичний план навчальної дисципліни для студентів денної форми навчання

1	2	3	4	5	6
Назва теми (лекції) та питання теми (лекції)	кількість годин	Назва теми та питання семінарського, практичного або лабораторного заняття	кількість годин	Завдання самостійної роботи в розрізі тем	кількість годин
Модуль 1. Моделювання задачами комбінаторної оптимізації					
Тема <u>1</u> <i>Евклідові комбінаторні множини та задачі на них.</i>					
<u>Лекція 1.</u> Вступ в задачі комбінаторної оптимізації. 1. Вступ в комбінаторну оптимізацію. 2. Комбінаторні конфігурації.	2	<u>Практичне заняття 1.</u> Постановки задач комбінаторної оптимізації.	2	Опрацювати лекційний матеріал до теми 1, готуватися до практичних занять, пройти тест 1 в ДК підготовка РГР	20
<u>Лекція 2.</u> Постановка задач евклідової комбінаторної оптимізації та їх моделі.	2	<u>Практичне заняття 2.</u> Евклідові комбінаторні множини переставлень.	2		
<u>Лекція 3-4.</u> Многогранник переставлень та його властивості. 1. Многогранник переставлень. 2. Властивості многогранника переставлень.	4	<u>Практичне заняття 3-4.</u> Властивості множини переставлень та переставного многогранника	4		
<u>Лекція 5.</u> Многогранник розміщень та властивості загальної множини розміщень. 1. Многогранник розміщень 2. Властивості многогранника розміщень.	2	<u>Практичне заняття 5-6.</u> Множина розміщень. Опукла оболонка евклідової комбінаторної множин розміщень та її властивості.	4		
<u>Лекція 7-8.</u> Приклади моделювання проблем задачами комбінаторної оптимізації	4	<u>Практичне заняття 7-8.</u> Приклади моделювання проблем задачами комбінаторної оптимізації	4	Опрацювати лекційний матеріал до теми 2, готуватися до практичних занять, пройти тест 2 в ДК підготовка РГР	20
Тема <u>2.</u> <i>Моделі задач комбінаторної оптимізації.</i>	2				

1	2	3	4	5	6
<p><u>Лекція 6.</u> Побудова моделей задач комбінаторної оптимізації на переставленнях.</p> <p>1. Задача про призначення. 2. Задача директора. 3. Задача упакування прямокутників.</p>	2				
<p><u>Лекція 7.</u> Побудова моделей задач евклідової комбінаторної оптимізації на розміщеннях.</p> <p>1. Задача обслуговування. 2. Комбінаторна транспортна задача (КТЗ).</p>	2		6		
<p>Модуль 2. Методи комбінаторної оптимізації <u>Тема 3. Метод гілок та меж.</u></p>	2	<p><u>Практичне заняття 9-10-11.</u> Метод гілок і меж.</p>	2	працювати лекційний матеріал до теми 3, готуватися до практичних занять, пройти тест 3 в ДК підготовка РГР,	20
<p><u>Лекція 8.</u> Вступ в метод гілок та меж.</p> <p>1. Схема методу. 2. Приклади застосування методу. 3. Метод гілок та меж для задач оптимізації на упорядкованих множинах.</p>		<p><u>Практичне заняття 12.</u> Перший метод комбінаторного відсікання для лінійних евклідових комбінаторних задач оптимізації на перестановках з додатковими лінійними обмеженнями.</p>	3		
<p><u>Лекція 9.</u> Метод гілок та меж до розв'язування умовних лінійних та нелінійних задач комбінаторної оптимізації на переставленнях.</p> <p>1. Постановка задачі. 2. Галуження в методі гілок та меж для лінійної умовної задачі оптимізації на переставленнях. 3. Оцінювання в методі гілок та меж для задач лінійної умовної оптимізації на переставленнях. 4. Правила відсікання в методі гілок та меж для задач лінійної умовної</p>	2				

1	2	3	4	5	6
<p>оптимізації на переставленнях.</p> <p>5. Ілюстративний приклад застосування введеної оцінки допустимих підмножин та правил відсікання.</p> <p>6. Властивість оцінки для підмножини в методі гілок та меж.</p> <p>7. Поширення методу гілок та меж для задач нелінійної умовної оптимізації на переставленнях.</p> <p><i>Лекція 10.</i> Розв'язування комбінаторних транспортних задач на переставленнях методом гілок та меж.</p> <p>1. Постановка задачі та означення оцінки допустимих множин.</p> <p>2. Ілюстрація застосування введеної оцінки допустимої множини.</p> <p>3. Друга властивість оцінки в методі гілок та меж.</p> <p>4. Правила відсікання при галуженні в методі гілок та меж для комбінаторних транспортних задач на переставленнях.</p> <p><i>Тема 4. Методи комбінаторного відсікання.</i></p> <p><i>Лекція 11-12.</i> Методи відсікання.</p> <p>1. Перший метод відсікання для лінійних частково комбінаторних задач евклідової комбінаторної оптимізації. Постановка задачі.</p> <p>2. Метод відсікання в евклідовій комбінаторній оптимізації для лінійних</p>	4			<p>працювати лекційний матеріал до теми 4, готуватися до практичних занять, пройти тест 3 в ДК підготовка РГР,</p>	12

1	2	3	4	5	6
частково комбінаторних задач. 3. Алгоритм методу. 4. Ілюстрація ідеї методу відсікання. 5. Обґрунтування методу. 6. Ілюстративний приклад застосування 1-го методу комбінаторного відсікання. 7. Другий метод комбінаторного відсікання в задачах оптимізації на переставленнях. Постановка задачі. 8. Другий метод комбінаторної оптимізації. 9. Ілюстративний приклад. 10. Відсікання з переходом на грані в переставному многограннику.					
Всього, годин	24		24		72

Таблиця 4. Тематичний план навчальної дисципліни для студентів заочної форми навчання

1	2	3	4	5	6
Назва теми (лекції) та питання теми (лекції)	кількість годин	Назва теми та питання семінарського, практичного або лабораторного заняття	кількість годин	Завдання самостійної роботи в розрізі тем	кількість годин
Модуль 1. Моделювання задачами комбінаторної оптимізації					
<u>Тема 1</u> <i>Евклідові комбінаторні множини та задачі на них.</i> <i>Лекція 1.</i> Вступ в задачі комбінаторної оптимізації. 1. Вступ в комбінаторну оптимізацію. 2. Комбінаторні конфігурації. <i>Лекція 2.</i> Постановка задач евклідової комбінаторної оптимізації та їх моделі. <i>Лекція 3-4.</i> Многогранник	2	<u>Практичне заняття 1.</u> Постановки задач комбінаторної оптимізації. <u>Практичне заняття 2.</u> Евклідові комбінаторні множини переставлень. <u>Практичне заняття 3-4.</u> Властивості множини	2	опрацювати лекційний матеріал до теми 1, готуватися до практичних занять, пройти тест 1 в ДК підготовка РГР	25

1	2	3	4	5	6
переставлень та його властивості. 1. Многогранник переставлень. 2. Властивості многогранника переставлень. <u>Лекція 5.</u> Многогранник розміщень та властивості загальної множини розміщень. <u>Тема 2. Моделі задач оптимізації.</u> <u>Лекція 6.</u> Побудова моделей задач комбінаторної оптимізації на переставленнях. 1. Задача про призначення. 2. Задача директора. 3. Задача упакування прямокутників. <u>Лекція 7.</u> Побудова моделей задач евклідової комбінаторної оптимізації на розміщеннях. 1. Задача обслуговування. 2. Комбінаторна транспортна задача (КТЗ). Модуль 2. Методи комбінаторної оптимізації <u>Тема 3. Метод гілок та меж.</u> <u>Лекція 8.</u> Вступ в метод гілок та меж. 1. Схема методу. 2. Приклади застосування методу. 3. Метод гілок та меж для задач оптимізації на упорядкованих множинах. <u>Лекція 9.</u> Метод гілок та меж до розв'язування умовних лінійних та	2	переставлень та переставного многогранника <u>Практичне заняття 5-6.</u> Множина розміщень. Опукла оболонка евклідової комбінаторної множин розміщень та її властивості. <u>Практичне заняття 7-8.</u> Приклади моделювання проблем задачами комбінаторної оптимізації			
	2			опрацювати лекційний матеріал до теми 2, готуватися до практичних занять, пройти тест 2 в ДК підготовка РГР	25
	2	<u>Практичне заняття 9-10-11.</u> Метод гілок і меж.	2	опрацювати лекційний матеріал до теми 3, готуватися до практичних занять, пройти тест 3 в ДК підготовка РГР,	25
	2				

1	2	3	4	5	6
<p>нелінійних задач комбінаторної оптимізації на переставленнях.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка задачі. 2. Галуження в методі гілок та меж для лінійної умовної задачі оптимізації на переставленнях. 3. Оцінювання в методі гілок та меж для задач лінійної умовної оптимізації на переставленнях. 4. Правила відсікання в методі гілок та меж для задач лінійної умовної оптимізації на переставленнях. 5. Ілюстративний приклад застосування введеної оцінки допустимих підмножин та правил відсікання. 6. Властивість оцінки для підмножини в методі гілок та меж. 7. Поширення методу гілок та меж для задач нелінійної умовної оптимізації на переставленнях. 					
<p><u>Лекція 10.</u> Розв'язування комбінаторних транспортних задач на переставленнях методом гілок та меж.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Постановка задачі та означення оцінки допустимих множин. 2. Ілюстрація застосування введеної оцінки допустимої множини. 3. Друга властивість оцінки в методі гілок та меж. 4. Правила відсікання при галуженні в методі гілок та меж для комбінаторних транспортних задач на переставленнях. 	2	<p><u>Практичне заняття 12.</u> Перший метод комбінаторного відсікання для лінійних евклідових комбінаторних задач оптимізації на перестановках з додатковими лінійними обмеженнями.</p>			

1	2	3	4	5	6
<p>Тема 4. <i>Методи комбінаторного відсікання.</i></p> <p><i>Лекція 11-12.</i> Методи відсікання.</p> <p>1. Перший метод відсікання для лінійних частково комбінаторних задач евклідової комбінаторної оптимізації. Постановка задачі.</p> <p>2. Метод відсікання в евклідовій комбінаторній оптимізації для лінійних частково комбінаторних задач.</p> <p>3. Алгоритм методу.</p> <p>4. Ілюстрація ідеї методу відсікання.</p> <p>5. Обґрунтування методу.</p> <p>6. Ілюстративний приклад застосування 1-го методу комбінаторного відсікання.</p> <p>7. Другий метод комбінаторного відсікання в задачах оптимізації на переставленнях. Постановка задачі.</p> <p>8. Другий метод комбінаторної оптимізації.</p> <p>9. Ілюстративний приклад.</p> <p>10. Відсікання з переходом на грані в переставному многограннику.</p>				<p>опрацювати лекційний матеріал до теми 4, готуватися до практичних занять, пройти тест 4 в ДК підготовка РГР,</p>	31
Всього, годин	8		6		106

Розділ 5. Оцінювання результатів навчання

Таблиця 5. Розподіл балів за результатами вивчення навчальної дисципліни

Форма навчальної роботи	Вид навчальної роботи	Бали
1. Аудиторна (ЛЕКЦІЇ)	1. Відвідування лекцій (при дистанційному навчанні тестування по лекціям)	20

Форма навчальної роботи	Вид навчальної роботи	Бали
Модуль 1. 2.Аудиторна (практичні). Самостійна робота. та індивідуально-консультаційна робота.	1. Правильна відповідь при опитуванні (5 бали за відповідь, 2 відповіді за ч.1 модуля) 2*5 = 10 б.	10
	2. Виконання розрахунково-графічного завдання з РГР1 - за виконання в термін	15
	- за виконання з порушенням в тиждень	10
	- за виконання з порушенням більше тижня	5
	Всього за практичну роботу модуля 1	25
Модуль 2 2.Аудиторна (практичні). Самостійна робота	1. Правильна відповідь при опитуванні (5 бали за відповідь, 2 відповіді) 2*5 = 10 б	10
	2. Виконання розрахунково-графічного завдання РГР2- за виконання в термін	15
	- за виконання з порушенням в тиждень	10
	- за виконання з порушенням більше тижня	5
	Всього за практичну роботу модуля 2	25
4. Підсумковий контроль.	підсумкове тестування	30
	Всього	100

Розділ 6. Інформаційні джерела

Основні джерела

1. Ємець О.О., Черненко О.О., Чілікіна Т. В., Ольховська О. В. Огляд задач комбінаторної оптимізації визначення рентабельності сільськогосподарського виробництва та методи їх розв'язування. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: фізико-математичні науки. Випуск 22. 2021. С. 63–74
2. Григорків В.С. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків, О.І. Ярошенко. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. – 440 с
3. Pavlov, A. A. КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА ФОРМАЛЬНІ МОДЕЛІ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології, (1), 3–7. <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2019.01.01>
4. Комбінаторна оптимізація багатовимірних систем. Моделі багатовимірних систем інтелекту Монографія. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. 168
5. Бондаренко, В. М., Стойка, М. В., & Стьопочкіна, М. В. (2023). Про комбінаторні властивості частково впорядкованих множин надсуперкритичного ММ-типу найменшого порядку. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Математика і інформатика», 42(1), 7–11. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42\(1\).7-11](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2023.42(1).7-11)
6. Тумофїєва, Н. Комбінаторні конфігурації, фрактали, фрактальна розмірність комбінаторних множин. (2021). ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, (33), 170-174. <https://doi.org/10.15407/fmmit2021.33.170>
7. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ / Н.К. ТИМОФЕЄВА - Прикладні питання математичного моделювання, 2021 Том 4 Випуск 1, с. 224-230
8. ОЛЬХОВСЬКИЙ, Д., ОЛЬХОВСЬКА, О., ЧЕРНЕНКО, О., ПАРФЬОНОВА, Т., ОЛЕКСІЙЧУК, Ю., ОРІХІВСЬКА, О., & ЗАДОРЖНИЙ, А. (2023). РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ІГРОВОГО ТИПУ НА ПЕРЕСТАНОВКАХ З ОБМЕЖЕННЯМИ НА СТРАТЕГІЇ ОДНОГО ГРАВЦЯ. Інформаційні технології та суспільство, (3 (5)), 41-48. <https://doi.org/10.32689/maup.it.2022.3.5>
9. Ольховський Д., Ольховська О., Черненко О., Парфьонова Т., Чілікіна Т. Програмний комплекс для розв'язування евклідових комбінаторних оптимізаційних задач точними та наближеними методами. Інформаційні технології та суспільство, 2 (4). 2022. С. 78–87.
10. Юрій Олексійчук, Дмитро Ольховський, Олена Ольховська, Тетяна Чілікіна, Оксана Черненко, Оксана Орхівська. Комбінаторна задача про побудову мостів та методи її розв'язання. Вісник Кре-

менчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Кременчук: КРНУ, 2022. Випуск 1(132). С.115–122.

11. Ємець, О., Черненко, О., Парфьонова, Т., Ольховська, О. Математична модель задачі оптимального розміщення продуктивних сил з врахуванням мінімальної шкоди навколишньому середовищу. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, випуск 1, 2022, С. 14–19.

12. Yemets, O.O., Chernenko, O.O., Chilikina, T.V., Olkhovska, O.V. (2021). Ohliad zadach kombinatornoi optymizatsii vyznachennia rentabelnosti silskohospodarskoho vyrobnytstva ta metody yikh rozviazuvannia [Review of combinatorial optimization problems for determining the profitability of agricultural production and methods for solving them]. *Matematychni ta kompiuterne modeliuвання. Serii: Fizyko-matematychni nauky. – Mathematical and computer modeling. Series: Physical and Mathematical Sciences.* 22, 63–74 [in Ukrainian].

13. Yurii Oleksiichuk, Dmytro Olkhovskyi, Olena Olkhovska, Tetiana Chilikina, Oksana Chernenko, Oksana Orihivska (2022). Kombinatorna zadacha pro pobudovu mostiv ta metody yii rozviazannia [The combinatorial problem of building bridges and methods of its solution]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky National University of Kremenchug. – Kremenchuk: KRNU. Issue 1(132). P. 115–122 [in Ukrainian].*

14. Yemets, O., Chernenko, O., Parfyonova, T., Olkhovska, O. (2022). Matematychna model zadachi optymialnoho rozmishchennia produktyvnykh syl z vrakhuvanniam minimalnoi shkody navkolyshnomu seredovyshchu [Mathematical model of the problem of the optimal distribution of productive forces with the improvement of the minimum amount of stress in the middle]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, issue 1, P. 14–19 [in Ukrainian].

15. O. Pichugina, L. Koliechkina, and T. Chilikina, “Multicriteria Combinatorial Optimization Model of an Infocommunication System,” in 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S T), 2021, pp. 13–16. doi: 10.1109/PICST54195.2021.9772124. – Режим доступу : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9772124>

16. *Mathematical models and optimization methods of geometric design** - YG Stoyan, SV Yakovlev - Kiev: Naukova Dumka, 2020

17. Гребеннік І.В., Чорна О.С. Циклічні перестановки в методах комбінаторної оптимізації на основі циклічних трансферів. *Бионика интеллекта.* 2019. №2 (93). С. 28–34.

18. Dupas R., Grebennik I., Litvinchev I., Romanova T., Chorna O. Solution strategy for one-to-one pickup and delivery problem using the cyclic EAI transfer approach. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web.* 2020. №20 (27). P.1–9.

19. Solutions of the combinatorial problem with a quadratic fractional objective function on the set of permutations Koliechkina, A *Nahirna Cybernetics and Systems Analysis*, 2020, № 56, 455-46юю

20. Optimization on Combinatorial Configurations Using Genetic Algorithms. S Yakovlev, O Kartashov, O Pichugina - CMIS, 2019

21. Yakovlev S., Kartashov O., Pichugina O., Korobchynskyi K. Genetic algorithms for solving combinatorial mass balancing problem. 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering. (July 2–6, 2019, Lviv). Lviv, 2019. P. 1061–1064

22. Horizontal Method Application to Multiobjective Combinatorial Optimization over Permutations L Koliechkina, O Pichugina, O Dvirna 2022 IEEE 3rd International Conference on System Analysis & Intelligent

Розділ 7. Програмне забезпечення навчальної дисципліни

- Пакет програмних продуктів Microsoft Office.
- Дистанційний курс з навчальної дисципліни “Елементи комбінаторної оптимізації” на платформі «Moodle».