ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ
ІМЕНІ В.М.ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Інституту кібернетики
імені В.М. Глушкова НАН України
академік НАН України
_____ І.В. Сергієнко
«01» 09 _____2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРИКЛАДНА КОМБІНАТОРНА ОПТИМІЗАЦІЯ
(ДВА.3.01.04)

для здобувачів освітньо-наукового рівня «доктор філософії»

галузь знань	**F "Інформаційні технології "**
спеціальність	**F1 "Прикладна математика"**
освітній рівень	**третій (освітньо-науковий)**
освітньо-наукова програма	**"Прикладна математика"**
вид дисципліни	**вибіркова**

Форма навчання	**денна / заочна**
Навчальний рік	**2025/2026**
Рік навчання	2
Кількість кредитів ECTS	2
Мова викладання, навчання та оцінювання	**українська**
Форма заключного контролю	**екзамен**

Викладач: **Гуляницький ЛеонідФедорович,** д.т.н., член-кор. НАН України

Пролонговано Вченою радою Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Навчальні роки пролонгації	Учений секретар	Підпис	№ протоколу	Дата протоколу
20____/20____ р.	_____	_____	_____	_____
20____/20____ р.	_____	_____	_____	_____
20____/20____ р.	_____	_____	_____	_____
20____/20____ р.	_____	_____	_____	_____

КИЇВ – 2025

РОЗРОБНИК:
Завідувач відділу комбінаторної оптимізації
та інтелектуальних інформаційних технологій
д.т.н., член-кор. НАН України

_____ **Леонід Федорович Гуляницький**

Робочу програму розглянуто та схвалено на засіданні відділу чисельних методів та комп'ютерного моделювання

Протокол від «19» вересня 2025 року № 9

Завідувач відділу
академік НАН України, д.ф.-м.н., професор _____ **Олександр ХІМІЧ**

Робочу програму ухвалено науково-методичною радою

Протокол від «22» вересня 2025 року № 2

Голова науково-методичної ради
академік НАН України _____ **Іван СЕРГІЄНКО**
(підпис)

Робочу програму затверджено Вченою радою Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Протокол від «29» вересня 2025 року № 15

Учений секретар _____ **Анатолій КУЛЯС**
(підпис)

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми F1 Прикладна математика

«29» вересня 2025 року

Гарант освітньої програми
доктор фізико-математичних наук _____ **Василь ГОРБАЧУК**

©Гуляницький Л.Ф. 2025 рік

1. Метою дисципліни є вивчення сучасних підходів до підтримки прийняття та оптимізації рішень на основі моделей і прикладних методів комбінаторної оптимізації та їх застосування у техніці, наукових дослідженнях, економіці та бізнесі.

2. Попереднівимогидоопануванняабовиборунавчальної дисципліни:

1. *Знати*: матеріал стандартних університетських курсів математичного аналізу, лінійної алгебри, дослідження операцій та теорії прийняття рішень.
2. *Вміти*: програмувати на одній з актуальних мов програмування, творчовикористовувати у навчальній, дослідницькій та викладацькій діяльності матеріал стандартних університетських курсів математичного аналізу, лінійної алгебри та дослідження операцій.

3. Анотаціянавчальноїдисципліни:

Дисципліна "Прикладна комбінаторна оптимізація" належить до переліку дисциплін за вибором Інституту. Вона забезпечує ознайомлення з актуальними проблемами комбінаторної оптимізації, поглиблення та удосконалення знань основних принципів розроблення математичних моделей та методів розв'язування задач комбінаторної оптимізації. Ці знання є елементом фундаментальної математичної підготовки, яка очікується від аспірантів.Отримані знання можуть бути застосовані при практичному застосуванні моделей і методів комбінаторної оптимізації при розв'язуванні задач оптимального проектування, управління функціонуванням економічних та технічних об'єктів і систем (зокрема, спеціального призначення), а також при виконанні наукових проектів. Аспірант, що опанував курс, має орієнтуватись в сучасній науковій літературі, яка присвячена розглянутому колу питань.

4. Завдання (навчальні цілі): набуття знань, необхідних для вирішення проблем розроблення, аналізу і обґрунтування ефективних методів розв'язування задач комбінаторної оптимізації. Отримані знання можуть бути застосовані при практичному застосуванні моделей і методів комбінаторної оптимізації при розв'язуванні задач оптимального проектування, управління функціонуванням економічних та технічних об'єктів і систем, а також при виконанні наукових проектів.

5. Результатинавчаннязадисципліною:

Результатнавчання(РН) (1.знати;2.вміти;3.комунікація;4.автономністьтавідповідальність)		**Форми(та/або методи і технології) викладання і навчання**	**Методиоцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)**	**Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни**
Код	**Результатнавчання**			
РН1.1	Знати основні сучасні моделі комбінаторної оптимізації	*Лекція, практичне заняття*	*Контрольна робота 1 (60% правильних відповідей), екзамен,активна роботаналекції, усні відпові*	*20%*
РН1.2	Знати основні сучасні методи комбінаторної оптимізації			
РН1.3	Уміти реалізовуватиідосліджуватисучасніметоди комбінаторноїоптимізації			*20%*
РН1.4	Знатитеоретичніосновидослідженняскладності обчислювальнихалгоритмів			

©**ГуляницькийЛ.Ф.**,2025рік

РН2.1	Вміти розробляти та обирати ефективні алгоритми комбінаторноїоптимізації	*Лекція, практичне заняття, самостійна робота*	*Контрольна робота 2 (60% правильних відповідей), екзамен, захист проекту, виконаннязавдань, винесених на самостійну роботу*	*20%*
РН2.2	Вмітивстановлюватиоцінкишвидкостізбіжності основнихалгоритмівкомбінаторноїоптимізації			*20%*
РН2.3	Вміти застосовувати алгоритми комбінаторної оптимізаціїякефективнузагальнуметодологію підтримки прийняття рішень	*Практичне заняття, самостійна робота*	*Захистпроекту*	*5%*
РН3.1	Обґрунтовувати власний погляд на досліджувану проблему, спілкуватися з колегами з питань розробкиалгоритмів тапрограм,складати письмові звіти			*5%*
РН4.1	Демонстрація авторитетності, інноваційності, високий ступінь самостійності, академічна та професійнадоброчесність,відданістьрозвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.			*5%*
РН4.2	Відповідальноставитисядовиконуванихробіт, нестивідповідальністьзаїхякість			*5%*

6. Співвідношеннярезультатівнавчаннядисципліниізпрограмнимирезультатами навчання

Результати навчання дисципліни / **Програмнірезультати навчання**	**РН 1.1**	**РН 1.2**	**РН 1.3**	**РН 1.4**	**РН 2.1**	**РН 2.2**	**РН 2.3**	**РН 3.1**	**РН 4.1**	**РН 4.2**
(зописуосвітньоїпрограми)										
ПРН-2. Знати та аналізувати сучасні передові концептуальні та методологічні розробки в галузі науково-дослідницькоїдіяльностіінамежіпредметних галузейзнань.	+	+	+	+	+					
ПРН-5. Знати, розуміти і застосовувати математичні концепції,методисистемногоаналізуіматематичного моделювання.			+	+	+	+	+			
ПРН-6. Вміти формулювати, експериментально підтверджувати, обґрунтовувати і застосовувати на практиціновіконкурентоздатніідеї,методи,технології розв’язанняпрофесійних,науково-технічнихзадач.			+	+	+	+	+	+	+	
ПРН-8.Умітиініціювати,організовуватитапроводити комплекснідослідженнявгалузінауково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання новихзнань.				+	+	+	+	+	+	+
ПРН-12.Умітивикористовуватиіснуючітастворювати власнітеоретичнімоделівматематичномудослідженні.	+	+	+	+	+	+				
ПРН-15 Уміти кваліфіковано та професійно описувати результати наукових досліджень у наукових статтях, опублікованихякуфаховихвітчизнянихвиданнях,такіу виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз.							+	+	+	

©**ГуляницькийЛ.Ф.**,2025рік

7. Схемаформуванняоцінки.
7.1. Формиоцінюванняздобувачівосвітньо-науковогоступеня:
- оцінюваннявпродовжнавчальногоперіоду:

*1. Активнароботаналекції,уснівідповіі:*РН1.1,РН1.2,РН1.3,РН1.4–5балів/3бали;
*2. Виконаннязавдань,винесенихнасамостійну роботу:*РН2.1,РН2.2 –5балів/3бали;
*3. Контрольнаробота1:*РН1.1,РН1.2,РН2.1,РН2.2–15балів/9балів;
*4. Контрольнаробота2:*РН1.3,РН1.4,РН2.1,РН2.2–15балів/9балів;
*6.Захистпроекту:*РН2.1,РН2.2,РН2.3,РН3.1, РН4.1,РН4.2,–20балів/12 балів;

- підсумковеоцінювання:екзамен.

- *максимальнакількістьбалівякіможутьбутиотримані:*40балів;
- *результатинавчанняякібудутьоцінюватись:*РН1.1,РН1.2,РН1.3,РН1.4;
- *формапроведенняівидизавдань:*письмова робота.

Для здобувачів освітньо-наукового ступеня, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковиймінімум–20балів*дляодержанняіспиту,виноситьсярішеннянедопустити доскладанняіспитуізрекомендацієюздатиконтрольніроботитазахиститипроектдоповторного складанняіспиту.

Рекомендованиймінімум–36балів.

7.2. Організація оцінювання:

Обов'язковим є виконання завдань, винесених на самостійну роботу, та модульних контрольнихробітзаграфікомробочоїпрограми.

Участину1входятьтеми1-3,участину2–теми4–6участину3–теми7–9.Обов'язковим дляіспитуєвиконанняусіхконтрольнихробіттазахистпроектудовказаноївикладачемдати,перед початкомекзаменаційноїсесії,згіднонавчальногоплану.Переписуваннячиперескладаннятемне практикується. Дозволяється здача окремих завдань модульних тем упроміжках між написанням модульних контрольних робіт (наприклад, перша тема здається до здачі наступної модульної контрольноїроботиубудь-якийзручнийдлявикладачатааспірантачас).

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Активна робота на лекції, усні відповіді: протягом навчального періоду.
2. Виконання завдань, винесених на самостійну роботу: протягом навчального періоду.
3. Захист проєкту : до 9 тижня навчального періоду.

Увипадкувідсутностізповажнихпричинвідпрацюваннятаперездачапроєкту здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України".

7.3. Шкалавідповідностіоцінок

Відмінно/Excellent	90-100
Добре/ Good	75-89
Задовільно/Satisfactory	60-74
Незадовільно/Fail	0-59

При визначені оцінки визначальною є робота в семестрі. Після завершення розгляду тем проводяться аналіз завдань та теоретичне опитування.

©**ГуляницькийЛ.Ф.**,2025рік

8. СТРУКТУРАНАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙПЛАНЛЕКЦІЙІПРАКТИЧНИХЗАНЯТЬ

№	Назвалекції	Кількістьгодин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
Частина1.Математичнімоделіпроблемкомбінаторноїоптимізації				
1	**Тема 1.**Вступ до курсу. Загальна постановка задачкомбінаторноїоптимізації.Основнісфери виникнення і застосування задач комбінаторної оптимізації. *Самостійна робота:* Альтернативніозначеннятамісцекомбінаторної оптимізації серед застосувань методів оптимізації	2		4
2	**Тема 2.** Формальне означення задач комбінаторноїоптимізації.Класифікація моделей задач комбінаторної оптимізації. Обчислювальнаскладністьзадач комбінаторної оптимізації *Самостійна робота:* Моделі:задачікомівояжера,квадратичнізадачі про призначення, задачі маршрутизації транспортних засобів	2		4
Частина2.Траєкторніалгоритми				
3	**Тема3.**Класифікаціяалгоритмівкомбінаторної оптимізації**.** *Самостійна робота:* Метризація просторів перестановок, розміщень, булеана	2		4
4	**Тема4.**Детермінованийлокальнийпошук. *Самостійна робота:* Стратегії покращення схеми локального пошуку	2		4
5	**Тема5.**Стохастичнийлокальнийпошук. *Самостійна робота:* Питанняпрактичноїреалізаціїключовихаспектів обчислювальної схеми алгоритмів СЛП	2		6
Частина3.Популяційні алгоритми				

©**ГуляницькийЛ.Ф.**,2025рік

6	**Тема6.**Метаевристичні алгоритми. *Самостійна робота:* Критеріїкласифікаціїметаевристик**.**	2		4
7	**Тема7.**Генетичнітаіметичніалгоритми. Особливості реалізації у комбінаторних просторах *Самостійна робота:* Приклади застосувань ГА при розв'язуванні прикладних задач комбінаторної оптимізації	2		4
8	**Тема8.**Алгоритмиоптимізаціїмурашиними колоніями. *Самостійна робота:* Розв'язуваннязадачкомівояжераалгоритмами ОМК	2		4
9	**Тема9.**Алгоритми ройового інтелекту вкомбінаторній оптимізації**.** *Самостійна робота:* Бджолиніалгоритми	2		6
ВСЬОГО		18		40

Загальнийобсяг *60 годин*,втомучислі:
Лекцій – **18** *годин*,
Консультації-**2***години.*
Самостійнаробота–**40** *годин***.**

9. Рекомендованіджерела

Основні:

1. Martí, R., Sevaux, M., &Sörensen, K. Fifty years of metaheuristics. *European Journal of Operational Research*, 2025, *321*(2): 345-362.
2. *Handbook of Metaheuristics*. *Third Edition* (Gendreau V., Potvin J.-Y., eds). Cham: Springer,2019. – 604 p.
3. Talbi E.-G. *Metaheuristics: from design to implementation*. Hoboken, New Jersey: John Wiley& Sons, Inc., 2009. – 593 p.
4. Papadimitriou C.H., Stieglitz K. Combinatorial Optimization: Algorithms and Complexity, 2nd edn. New York:Dover Publications Inc, 1998. – 491p.
5. KorteB.,VigenJ.*CombinatorialOptimization.Theoryandalgorithms*.Berlin,Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. – 597 p.
6. ГуляницькийЛ.Ф.,МулесаО.Ю.*Прикладніметодикомбінаторноїоптимізації:навч. посіб*. К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 142 с.
7. Stegherr, H., Heider, M. &Hähner, J. *ClassifyingMetaheuristics: Towards a unifiedmulti-levelclassificationsystem*. NatComput. 2022, 21: 155–171.
8. Гуляницький Л.Ф. *Диверсифікація пошуку в алгоритмах ОМК та її застосування.* Кібернетика та системний аналіз. 2025, 61, №1: 27–42.
9. Гуляницький Л.Ф. *Оптимізація рішень при плануванні місій безпілотних літальних апаратів*. Вісник Національної академії наук України. 2023, № 5: 75–78

©**ГуляницькийЛ.Ф.**,2025рік

Додаткові:

10. *Handbook of Heuristics* (Martí R., Pardalos P., Resende M. G., eds). Cham: Springer, 2018. – 1385 p.
11. Sergienko I.V., Hulianytskyi L.F. ,Sirenko S.I. *Classification of applied methods of combinatorial optimization* // Cybernetics and Systems Analysis. – 2009. – 45, 5: 732–741.
12. Гуляницкий Л.Ф. *Решение задач комбинаторнойоптимизации алгоритмами ускоренноговероятностногомоделирования*.Компьютерная математика. К.: Институткибернетикиим. В.М. Глушкова НАН Украины, 2004. – №1, 64-72.
13. Глибовець М.М., Гуляєва Н.М. *Еволюційні алгоритми: підручник*. К.: НаУКМА, 2013. – 828 с.
14. Pintea C.-M. *AdvancesinBio-inspiredComputingforCombinatorialOptimizationProblems*. Heidelberg: Springer, 2014. – 188 p.
15. Dorigo M.,BlumC. *Antcolonyoptimizationtheory:Asurvey*//TheoreticalComputerScience. – 2005. – 344, 243–278.
16. Гуляницький Л.Ф., Бишовець Н.М., Жданова О.Г. *Про задачі маршрутизації БПЛА*. CyberneticsandComputer Technologies.2024, 3: 34–47.
17. Горбулін В.П., Гуляницький Л.Ф. Сергієнко І.В. *Планування логістичних місій гібридної системи «БпЛА+Транспорт»*. Кібернетика та системний аналіз. 2023, 59, 5: 55–65.
18. Hulianytskyi L., Rybalchenko O. Optimization of decisions when planning a UAV group mission with alternative depots. Selected Papers of the III International Scientific Symposium “Intelligent Solutions” (IntSol-2023). Symposium Proceedings, September 27-28, 2023, Kyiv, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings,vol. 3538, 2023: 245-256.

10. Додатковіресурси:

Сторінкапрацьвідділукомбінаторноїоптимізаціїтаінтелектуальнихінформаційних технологій Інституту кібернетики ім.В.М.Глушкова НАН України http://icyb180.org.ua/publications/

©ГуляницькийЛ.Ф.,2025рік