

Інститут кібернетики  
імені В.М.Глушкова НАН України

# **Комбінаторна оптимізація та інтелектуальні ІТ: 50 років в ІК**

**Леонід Гуляницький**

**Семінар «Теорія оптимальних рішень»**

**26 травня 2026 р.**

**Присвячується Вчителям,  
співробітникам, колегам,  
з якими не лише  
провадилися дослідження  
та розроблення, а й  
проживалося життя**

# План доповіді

1. Теорія КО
2. Методи КО
3. Вибрані моделі та задачі
4. Програмні засоби та системи
5. Поточні роботи і перспективи
6. Подяки
7. Вибрана література

# 1. Внесок в теорію КО: план

- Строга формалізація задач КО на основі розвитку понять локально-скінченних просторів
- Розвинення теорії КК, введення понять узагальнених, гетерогенних та ієрархічних комбінаторних конфігурацій
- Підхід до класифікації прикладних алгоритмів КО
- Диверсифікація пошуку в алгоритмах ОМК
- Розроблення кооперативних метаевристик на основі поєднання різних алгоритмів ройового інтелекту



# Формалізація і класифікація ЗКО

У науковій літературі широко вживається термін "ЗКО", хоча строгого означення не дається або ж воно не охоплює всіх відомих задач. У [Сергиенко И.В., Каспшицкая М.Ф. Модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации. 1981] під ЗКО розуміється проблема пошуку екстремумів заданої цільової функції на комбінаторному просторі.

Під комбінаторним простором тут розуміється сукупність комбінаторних об'єктів певного типу, утворених із елементів заданої скінченної множини. Водночас, поняття "комбінаторний об'єкт" не формалізується, а як приклад названо комбінації, перестановки та розміщення

# Формалізація і класифікація ЗКО

В зарубіжній літературі переважно вживається означення ЗКО, введене в базовій книзі [Papadimitriou C.H., Steiglitz K., 1982; 1998], де простір розв'язків задачі визначається як "скінченна (рідше – нескінченна зліченна) множина". Таке тлумачення не дозволяє строго формально окреслювати окремі класи ЗКО, такі, наприклад, як дискретне, цілочислове чи булеве програмування.

# Формалізація і класифікація ЗКО

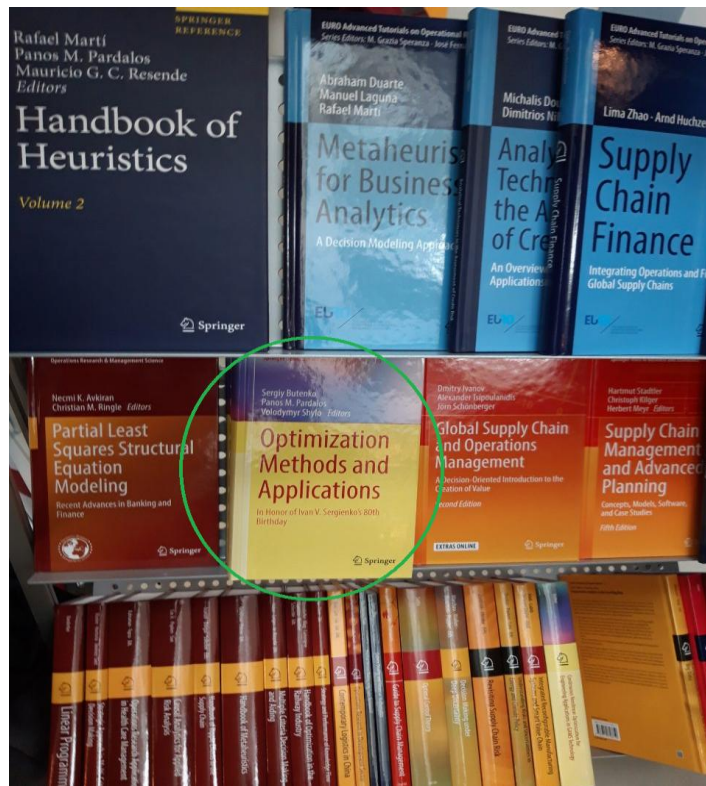
Відштовхуючись від поняття дискретного простору та запропонованого К.Бержем поняття **конфігурації** було запропоновано строгі означення ряду важливих понять, таких як *задача комбінаторної оптимізації* (ЗКО), *комбінаторний простір*, *узагальнені комбінаторні конфігурації*.

Введено концепції **гетерогенних** та **ієрархічних** комбінаторних конфігурацій, які базуються на розвитку узагальнених комбінаторних конфігурацій, пов'язаних з абстрактними базисними множинами.

Ці концепції суттєво розширюють можливості формалізації практично важливих задач комбінаторної оптимізації, зокрема на нескінченних просторах

# Конференція OR-2019.

## Стенд видавництва Springer



Hulianytskyi L. F., Riasna I. I. Formalization and classification of combinatorial optimization problems. In: Optimization Methods and Applications (eds. Butenko S., Pardalos P. M., Shylo V.). – Cham: Springer International Publishing AG, 2017.

**Цит.:75**

# Паралельні алгоритми КО

Розроблені та досліджені паралельні алгоритми КО, засновані на методі гілок і меж та *H*-методі. Досліджені умови їх ефективної реалізації на багатопроцесорних обчислювальних комплексах.

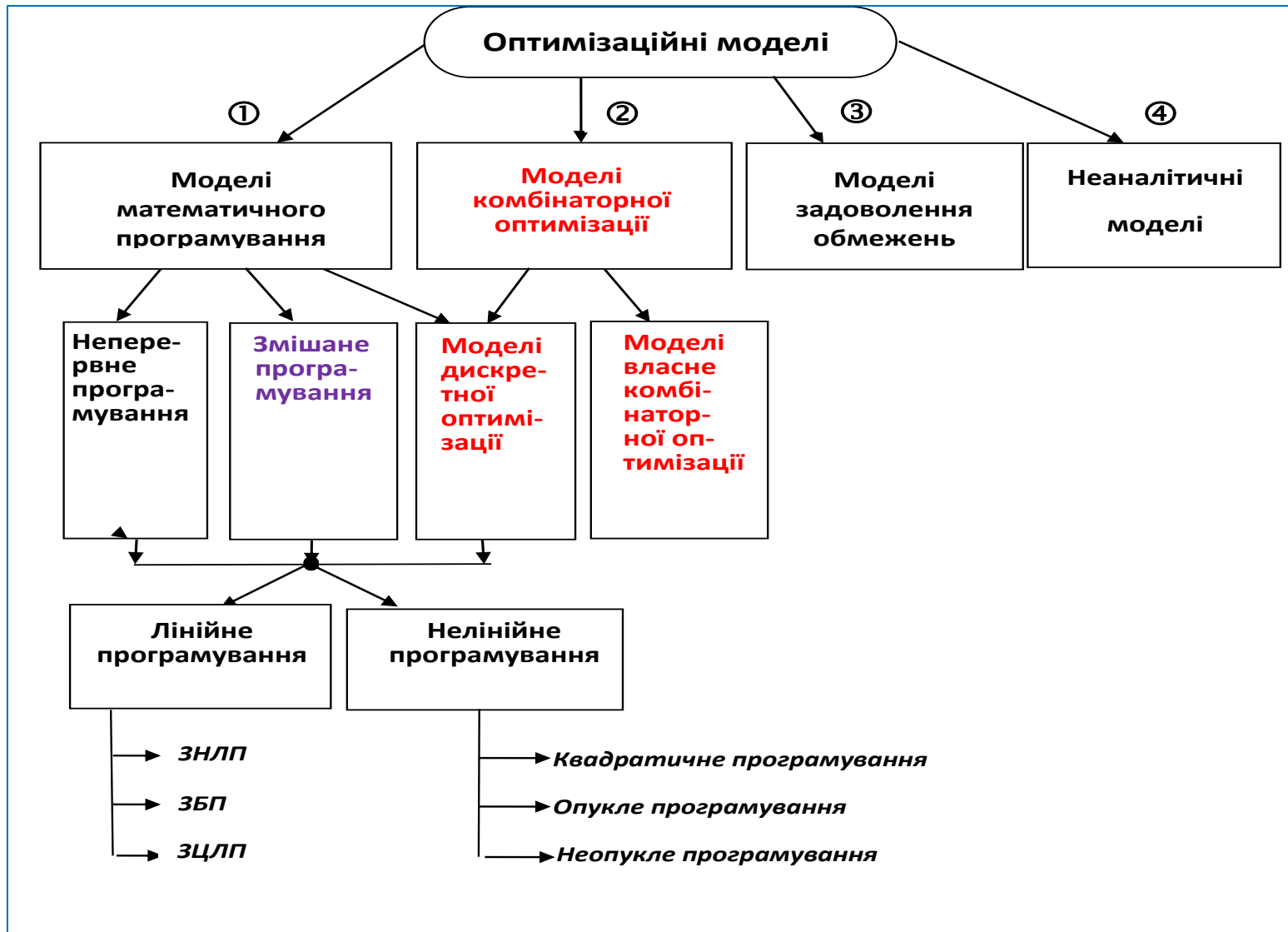
Достовірність висновків підтверджена результатами обчислювальних експериментів, проведених на багатопроцесорному (кластерному) комплексі СКІТ

# Теорія прийняття рішень

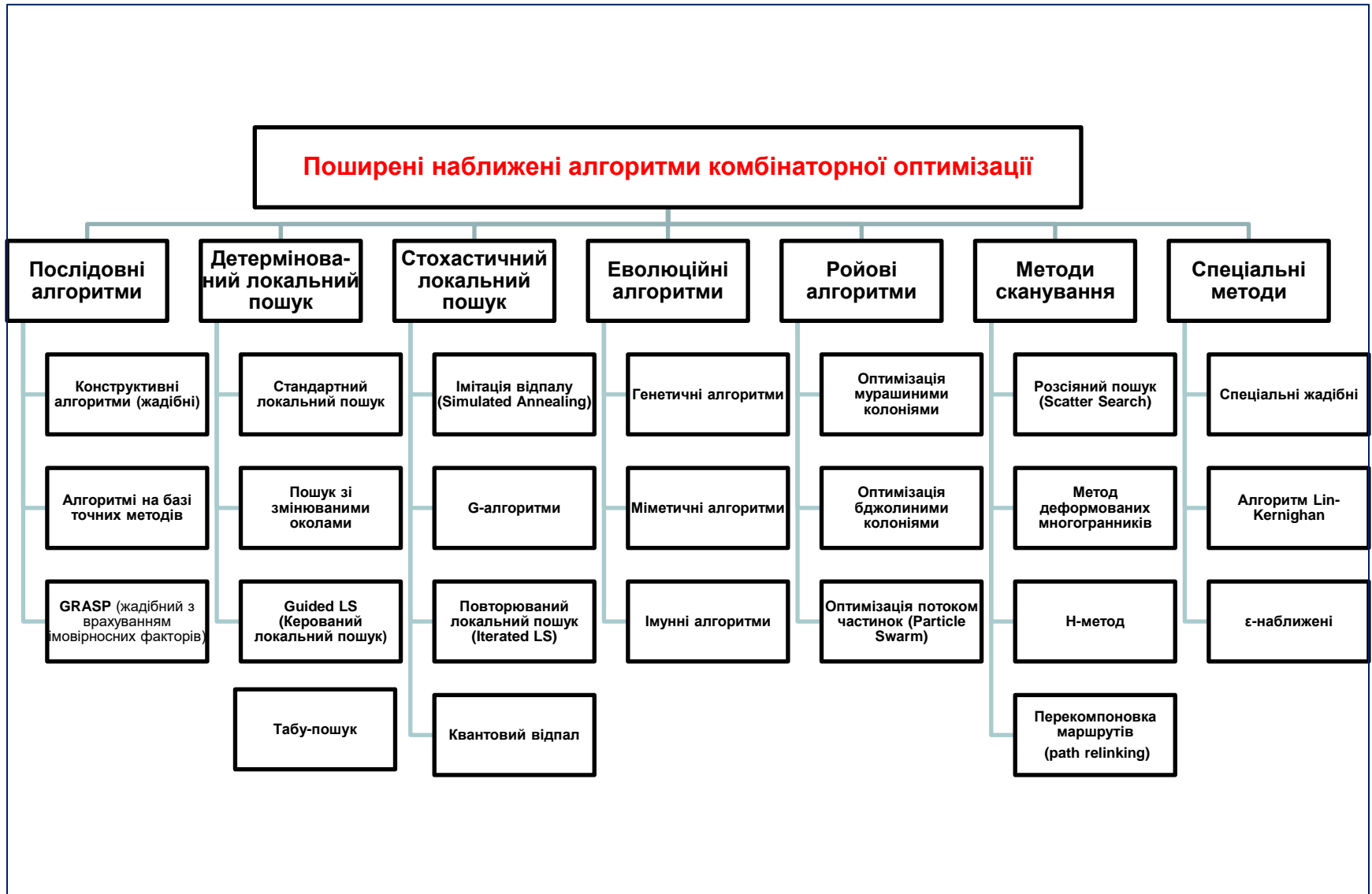
Вирішений комплекс науково-технічних проблем, які виникають при створенні технології розв'язування задач оптимізації рішень за наявності **якісних критеріїв**.

Розроблена методологія розв'язування задач оптимального вибору на основі використання **групових експертних оцінок** та подання цих задач у вигляді **спеціальних ЗКО** з подальшим використанням оптимізаційних алгоритмів для пошуку компромісних рішень

# Класифікація моделей оптимізації



# Класифікація прикладних АКО



# Класифікація прикладних АКО

SPRINGER NATURE Link

Log in

Find a journal Publish with us Track your research Search

Saved research Cart

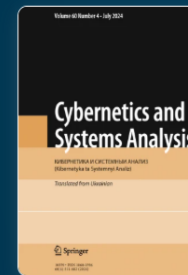
Home > [Cybernetics and Systems Analysis](#) > Article

## Classification of applied methods of combinatorial optimization

Systems Analysis | Published: 08 October 2009

Volume 45, pages 732–741, (2009) [Cite this article](#)

[Save article](#)



[Cybernetics and Systems Analysis](#)

[Aims and scope](#) →

[I. V. Sergienko](#) ✉, [L. F. Huliannytskyi](#) & [S. I. Sirenko](#)

[Access this article](#)

Методологія знайшла відгук у науковому світі

**Цит.: 119** – 65 на англomовну версію, 54 – на рос.

Останні посилання в 2026 р. в *Soft Comput.* та *Swarm Intell.* (21.05.2026)

# Класифікація груп БпЛА

Досліджено ключові, насамперед їхніх роїв, та основні підходи до формулювання та розв'язування проблем.

Запропоновано означення низки термінів, що вживаються у цій сфері.

Наведено аспекти планування місій дронів з використанням запропонованої системи характеристик роїв

Hulianytskyi L.F. (2026). UAV swarms and their characteristics. *Cybernetics and Systems Analysis*. 62, No. 2, March, 241-254 *За 3 тижні 40 переглядів (США, КНР...)*

## 2. Прикладні АКО

Основні розроблені алгоритми і методи:

- Метод вектора спаду та інші алгоритми детермінованого локального пошуку
- Алгоритми стохастичного локального пошуку
- Ройові алгоритми
- Кооперативні алгоритми
- ...

# Алгоритми прискореного імовірнісного моделювання (G-алгоритми)

Основна ідея: при пошуку в околі переходити до наступного розв'язку з імовірністю, що відображає зміну ц.ф.

AIB (Simulated Annealing)

*Машина/критерій Метрополіса (1953)*

Формула Больцмана-Гіббса:

$$p = e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$$

де  $\Delta E$  – зміна узагальненої енергії,  $T$  – температура,  $k$  – стала Больцмана.

- + теоретична збіжність
- залежність від масштабу ц.ф.
- трудомісткість (обчислення  $\exp$ )

G-алгоритми

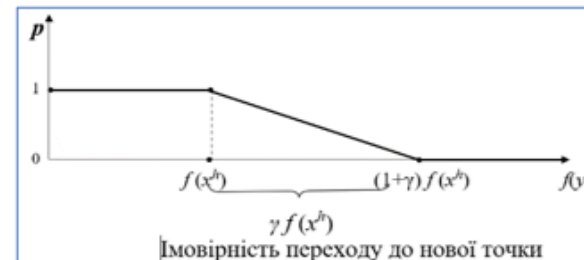
*Новий стохастичний механізм*

Нехай  $\gamma, \gamma > 0$ , – дійсне число. Визначимо для всіх  $x, y \in X$ , функцію

$$\varphi(x, y) = 1 - \frac{f(y) - f(x)}{f(x) \cdot \gamma}$$

та ймовірність переходу від точки  $x$  до  $y$ :

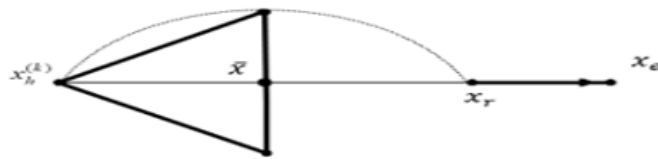
$$p(x, y) = \begin{cases} \min \{1, \varphi(x, y)\}, & \varphi(x, y) \geq 0, \\ 0, & \text{в іншому разі.} \end{cases}$$



Плюси ↔ мінуси

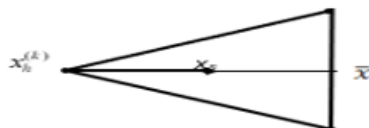
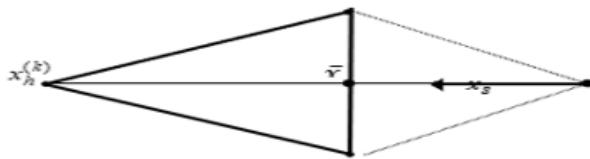
# Метод деформацій в КО (Н-метод)

Nelder-Mead Downhill Simplex  
Method/нелін.недиференц.опт-ція

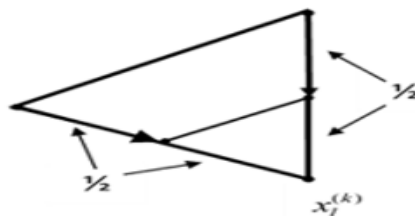


$$x_e = (1 - \gamma)\bar{x} + x_r$$

Відображення і розтягування



Стискування



Редукція (shrinkage)

## Н-метод

популяційний метод глоб.пошуку

Введені поняття відрізка та напівпроменя в комбінаторних просторах (*опуклість*).

Для вибраної пари розв'язків:

- проведення напівпроменя;
- пошук найкращої точки на ньому;
- запуск процедури ЛП (G-алг.);
- прийняття рішення про долучення чи ні знайденого розв'язку до поточної популяції.

Розроблено сімейство алгоритмів, зокрема, з розпаралелюванням обчислень

Hulianytskyi L. F. and Sergienko I. V. (2007). Metaheuristic Downhill Simplex Method in Combinatorial Optimization. Cybernetics and Systems Analysis, 43, No. 6: 822–829

# Ройові алгоритми: ОМК

## Популяційні моделі-орієнтовані алгоритми

Оперують з графовою моделлю задачі. Штучна мураха – це стохастичний алгоритм послідовного побудови ров'язку

### Класичний алгоритм

#### ОМК

При побудові шляху на графі моделі задачі на кожному кроці переходить до сусідньої вершини з ймовірністю:

$$p_{ij}^k = \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{r \in N_i^k} \tau_{ir}^\alpha(t) \eta_{ir}^\beta(t)}$$

### Алгоритм ОМК з диверсифікацією пошуку

Ключова ідея: на поточному кроці допускається не лише перехід до сусідньої вершини додаванням одного ребра, а й декількох ребер, тобто розглядаються не лише сусідні вершини. Імовірність переходу тоді:

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{r \in N_i^k} [\tau_{ir}(t)]^\alpha [\eta_{ir}(t)]^\beta + \sum_{r \in N_{ij}^k} [\tau_{ir}(t) \cdot \tau_{rj}(t)]^\alpha [\eta_{ir}(t) \cdot \eta_{rj}(t)]^\beta}, & \text{якщо } j \in N_i^k, \\ \frac{[\tau_{is}(t) \cdot \tau_{sj}(t)]^\alpha [\eta_{is}(t) \cdot \eta_{sj}(t)]^\beta}{\sum_{r \in N_i^k} [\tau_{ir}(t)]^\alpha [\eta_{ir}(t)]^\beta + \sum_{r \in N_{ij}^k} [\tau_{ir}(t) \cdot \tau_{rj}(t)]^\alpha [\eta_{ir}(t) \cdot \eta_{rj}(t)]^\beta}, & \text{якщо } j \in N_r^k. \end{cases}$$

# Кооперативні алгоритми

Розроблено методологію побудови кооперативних метаевристичних методів розв'язування ЗКО на основі моделі-орієнтованих алгоритмів. Її особливістю є пошук (оптимізація) в просторі моделей, який проводиться на основі часткових моделей, сформованих базовими алгоритмами. Розроблено кооперативні метаевристики на базі алгоритмів ОМК і Н-метода, проведено дослідження ефективності на основі аналізу результатів обчислювальних експериментів

Hulianytskyi L.F., Sirenko S.I. Hybrid Metaheuristic Combining ACO and H-Method. In Swarm Intelligence: Proc.7 Int. Conf. ANTS 2010 (Brussels, Belgium, September 8-10, 2010) (Eds. M.Dorigo et. al.). Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag. 2010. 6234/2010

# 3. Математичні моделі та задачі КО

Задачі комівояжера Задачі великої розмірності	Виготовлення багатошарових друкованих плат на станках з ЧПК. Оригінальні декомпозиційні АКО (1985-1990)
Задачі розміщення модулів ЦА на платах з фіксованими позиціями	Нова математична модель, алгоритми (оцінювання дерева друкованих з'єднань)
Квадратичні задачі про призначення	<i>G</i> -алгоритми суттєво підвищили точність і розмірність розв'язуваних на «великих» ЕОМ ЗКО (1989-1991). У подальшому використовувалися <i>H</i> - алгоритми

# Порівняння точності розв'язування КЗП

Назва задачі	$n$	MBC	AIB	ГА	МА	ГА+ G	MG	МДМ	МДМ+ G	H- метод	$t$
Els19	19	4.21	4.21	16.0	0	0	0.90	32.12	12.00	0	10
Chr20a	20	56.5	20.53	46.3	0	1.82	1.37	14.96	9.76	0	10
Chr20b	20	35.7	14.19	15.6	7.3	6.44	7.40	6.53	5.13	3.48	10
Chr20c	20	83.0	34.4	45.3	0	0	0	44.68	28.60	0	10
Nug21	21	2.38	0	0	0	0	0	5.09	0.90	0	10
Nug22	22	2.84	0.50	1.33	0	0	0	1.84	1.00	0	10
Lip40a	40	1.41	1.14	1.78	1.2	1.13	1.14	1.68	1.02	1.01	40
Lip40b	40	18.9	0	20.5	0	0	0	19.97	16.59	0	40
Lipa50a	50	1.41	0.97	1.62	1.2	1.00	0.99	1.71	0.98	0.97	63
Lipa50	50	18.1	17.08	20.3	0	0	0	22.2	17.40	0	63
Esc64a	64	5.17	0	15.5	0	0	0	8.6	0	0	10
Sco81	81	1.98	0.97	10.5	1.1	0.49	1.17	12.24	1.91	0.34	400
Tai100b	100	6.51	5.20	10.1	1.8	1.52	2.16	24.34	3.17	1.34	850
Lip150A	150	2.79	3.92	1.73	0.5	1.5	1.75	1.73	1.58	1.18	1900

# Порівняння послідовного та паралельного алгоритмів $H$ -методу

Досліджувалися послідовна та паралельна реалізації  $H$ -методу з  $m=16$  при розв'язуванні цих самих задач на МВК СКІТ-1 з використанням 8 процесорів.

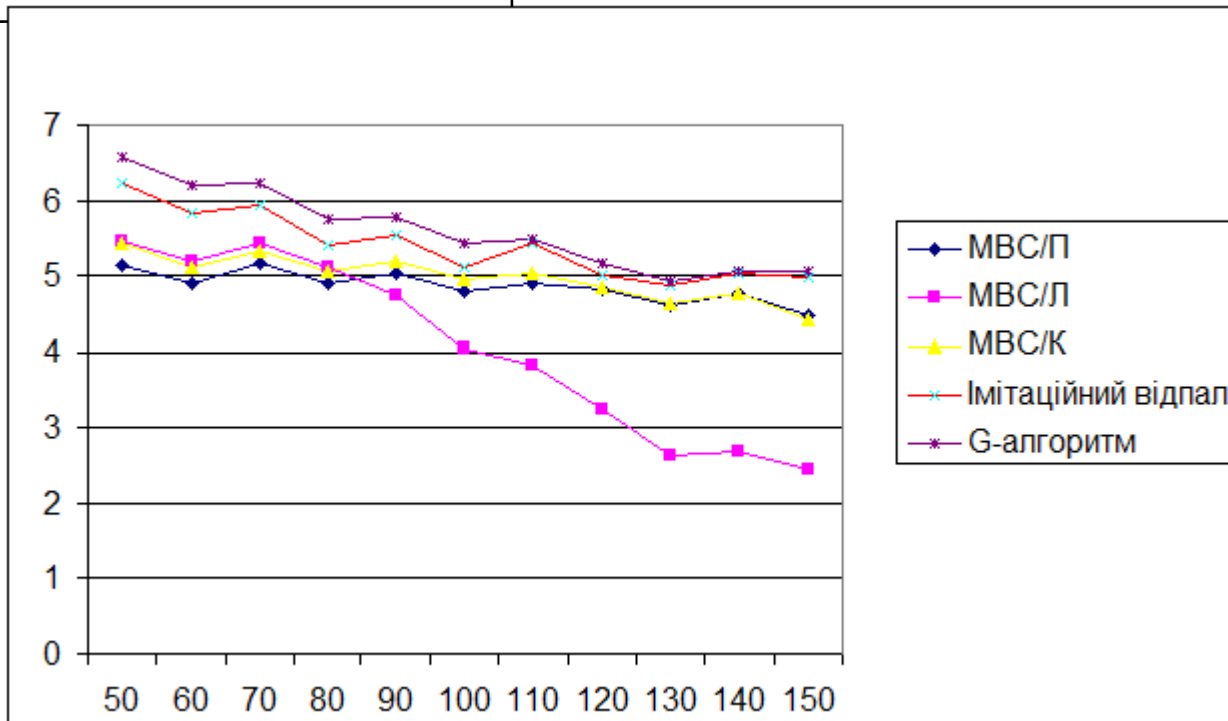
Результати експерименту наведено в табл., де  $T_1$  – час виконання  $H$ -методу на одному процесорі,  $T_8$  – на 8. Популяція складалася з 16 розв'язків.  $K_n$  – коефіцієнт прискорення до послідовного алгоритму

$n$	$f_*$	$\varepsilon$	$T_1$	$T_8$	$K_n$
12	1652	0	25	4	<b>6.25</b>
25	3744	0.001	64	10	<b>6.40</b>
30	6124	0.001	169	24	<b>7.04</b>
36	9526	0.011	298	43	<b>6.93</b>

# Задачі оптимального розміщення прямокутників

Задачі оптимального розміщення прямокутників на напівнескінченній стрічці за наявності «дірок»

Запропонована *комбінаторна модель* задачі замість ЗДО, що дало можливість суттєво збільшити розмірність розв'язуваних задач і точність розв'язків



# Задачі маршрутизації

<p>ЗМТЗ (Vehicle Routing Probl.) - побудова оптимальних маршрутів для обслуговування запитів клієнтів з урахуванням часових обмежень кількома ТЗ із заданими обмеженнями місткості</p>	<p>Логістика. Чи не перша публікація в постСРСР (2007). Послужила базою для переходу до задач плануванні місій БПЛА</p>
<p>Моделі та алгоритми оптимізації маршрутів у залежних від часу транспортних мережах із врахуванням розкладу транспорту та умов користувача: тривалість перельотів і подорожі, початковий і кінцеві пункти, бажані та заборонені проміжні пункти, вартість подорожі</p>	<p>Розроблені і проаналізовані алгоритм міток, алгоритм ОМК, алгоритм ОК з оптимізацією табу списками і алгоритмом гілок і меж, алгоритм ОК з диверсифікованим пошуком</p>

# Задачі маршрутизації в динамічних мережах: аналіз 3 алгоритмів ОМК

	Класичний алгоритм ОМК			Двокроковий алгоритм			Трикроковий алгоритм		
	Середній час роботи (мс)	Середня похибка (%)	Кращий розв'язок	Середній час роботи (мс)	Середня похибка (%)	Кращий розв'язок	Середній час роботи (мс)	Середня похибка (%)	Кращий розв'язок
<b>n=21144</b>									
<b>Київ-Портланд</b>	6437	<b>35%</b>	410	23396	<b>27%</b>	385	620585	<b>22%</b>	382
<b>Київ-Сієтл</b>	3672	<b>24%</b>	478	16408	<b>23%</b>	478	561565	<b>22%</b>	311
<b>Київ-Вашингтон</b>	11108	<b>50%</b>	352	21987	<b>20%</b>	385	730514	<b>17%</b>	347
<b>Київ-Роттердам</b>	3270	<b>0,22%</b>	147	8969	<b>1,7%</b>	152	619892	<b>3%</b>	152
<b>Київ-Лісабон</b>	2742	<b>3.3%</b>	141	16293	<b>0.8%</b>	137	577225	<b>2%</b>	137

# Математичні моделі та задачі

<p>Агентно-орієнтований підхід до задач обчислюв. економіки з використанням методів машинного навчання, що використовує запропонований метод прийняття рішень, методи несвідомого та Q-навчання</p>	<p>Було розроблено комплекс агентно-орієнтованих моделей і методів обчислювальної економіки, що давав змогу оцінювати ефективність різних способів моделювання поведінки агентів.</p> <p>Напрямок був поширений в 2000-х роках. В Україні – до 2014 р.</p>
<p>Моделі макроекономічного прогнозування</p>	<p>Перші в Україні моделі економіки країни, що базувалися на моделі Кобба-Дугласа. Перший успішний довгостроковий прогноз на 1995-2000 рр.</p>
<p>Прогнозування поширення COVID-19</p>	<p>У період піку в 2020-2021 рр. робилися щотижневі прогнози, які передавалися в РНБО</p>

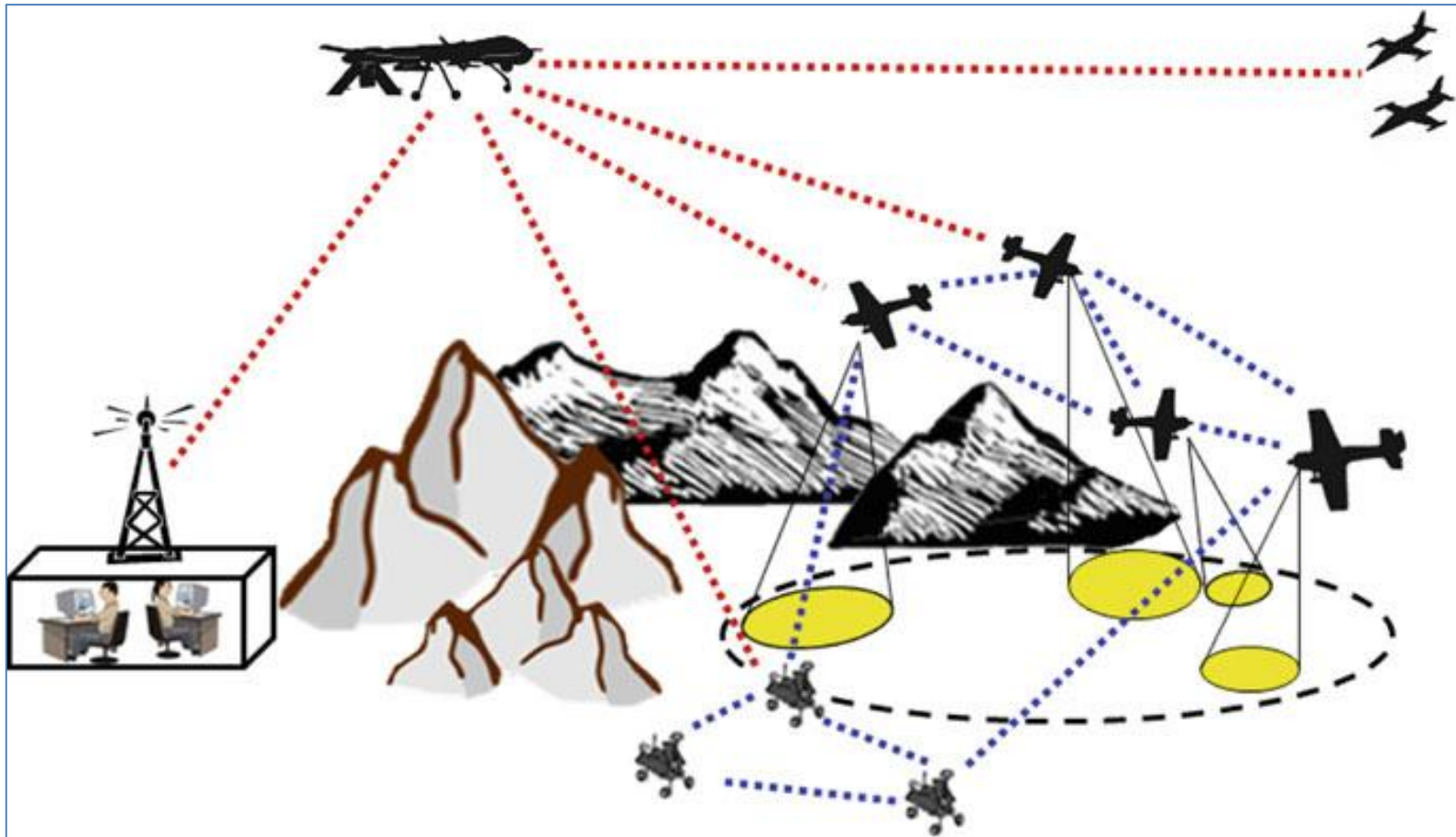
# Похибки прогнозування ВВП України (%) на 1995-2000 рр.

<i>Рік</i>		1995	1996	1997	1998	1999	2000
І.Лукінов, О.Бакаєв та ін.  (1998)	<i>Уповільн. зростання інвестицій</i>	–	–	–	-1,4	-1,1	-0,1
	<i>Оптиміст.</i>	–	–	–	1,8	1,9	2,6
В.Гесць та ін. (1998)	<i>Песим.</i>	–	–	–	-2	0,5	0,6
	<i>Ймовірний</i>	–	–	–	-0,5	0,5	1,5
	<i>Оптиміс.</i>	–	–	–	0,5	1,5	2,5
РАДСО	<i>1998 р.</i>	–	–	–	0,5	2	4
	<i>2000 р.</i>	–	–	–	–	–	0,5
Л.Гуляни- цький, Б.Панасюк, І.Сергієнко	<i>1995 р.  (мінім.)</i>	-15 – -13,5	-8,6 – -7,0	-1,9 – -1,2	-1,7 – -1,5	-0,3 – +0,1	5,6 – 6,8
Мінекономіки	<i>Кращий із річних</i>	-5,7	-1,8	-3,4	-0,5	-1	2
МВФ	<i>Кращий із річних</i>	-3	-2,4	-2,7	0	-3,5	-
<b>Фактичні дані</b>	<b>ДКС</b>	<b>-12,2</b>	<b>-10</b>	<b>-3</b>	<b>-1,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>6</b>

# Керування РРС з радіомодулями і датчиками (у бойовому порядку “уступ вліво”) (2015)



# Використання тактичних БпЛА в якості ретрансляторів зв'язу (2017)



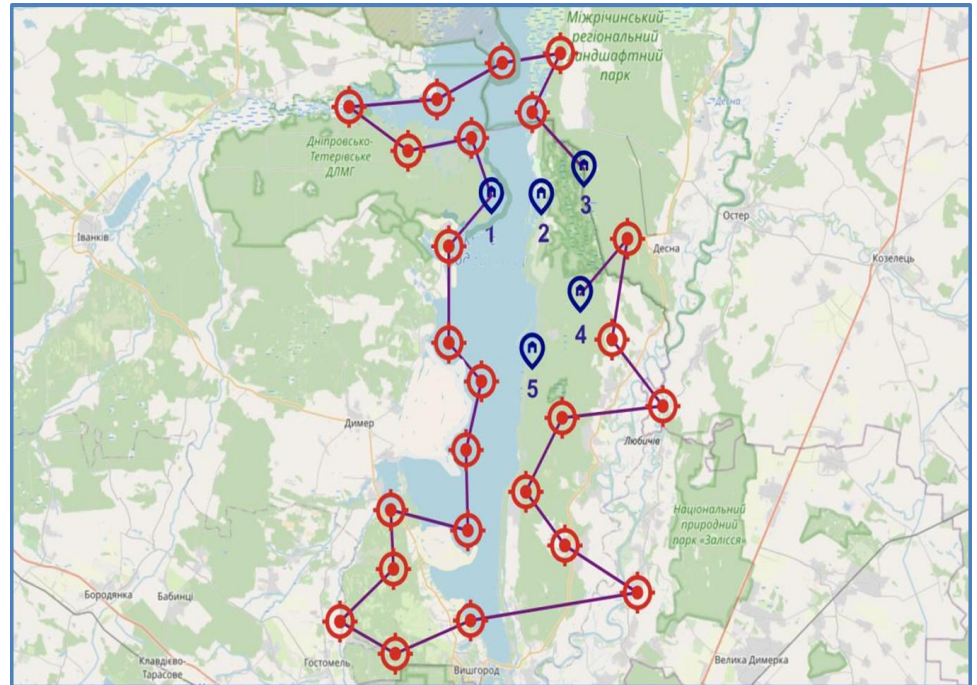
# Планування місій груп БпЛА

Запропоновано формальні постановки задач оптимізації маршрутів БпЛА, в яких розглядаються **одночасно етапи планування операцій та відвідування встановлених цілей**, що виникають при функціонуванні БпЛА чи їхніх груп за наявності альтернативних чи динамічних депо, зокрема, у випадку, коли літальні апарати запускаються зі спеціального літака-носія і приймаються на його борт **(2018-2020)**

# Оптимізація маршрутів команди БпЛА: альтернативні бази

Розроблено та апробовано програмні реалізації оригінальних алгоритмів оптимізації маршрутів БпЛА з альтернативними базами, які ґрунтуються на **ройовому інтелекті**.

Проведені обчислювальні експерименти підтвердили їх застосовність для розв'язування задач практичної розмірності



**Задача з 5 базами, 24 цілями та 2 БпЛА**

# Динамічні задачі оптимізації маршрутів команди БпЛА

## Призначення

**Оптимізація руху групи БпЛА, що діють як команда, у ситуаціях, коли БпЛА можуть стартувати та приземлятися у пунктах, які у процесі виконання бойового завдання можуть рухатися по заданій траєкторії**



Джерело світлина: DARPA

# Результати

Формалізовано **нові задачі** планування розвідувальних місій БпЛА.

Запропоновано **підхід** до їх розв'язування на основі використання **ройового інтелекту**, який **дозволив агрегувати** в єдину оптимізаційну задачу етапи:

- **розбиття** цілей по базам,
- **вибору** задіяних баз на маршруті транспортного засобу та
- **оптимізацію** маршрутів БпЛА з урахуванням обмеженості польотного ресурсу

# Скріншот роботи блока оптимізації маршрутів гібридної системи «Транспорт+БПЛА»

## 5 баз на маршруті ТЗ, 18 цілей, 7 вильотів БПЛА

### Точки

Номер	Тип	Широта	Довгота
0	Ціль	50.51255324610023	30.762565847654145
1	База	50.46100111599232	30.772185294041392
2	База	50.484599748567774	30.82852776573816
3	База	50.52215844027985	30.869753964540678
4	Ціль	50.3734961443035	30.57842215966963
5	Ціль	50.41376850768414	30.61415153196514
6	Ціль	50.37437199423697	30.725462268731906
7	База	50.41726883571085	30.703474962703876
8	Ціль	50.47498691278631	30.662248763901395
9	Ціль	50.48634732684517	30.73233330186564
10	Ціль	50.549217108679855	30.695229722943402
11	Ціль	50.57538813950031	30.81615990609741
12	Ціль	50.58062060169053	30.920599609730395

### БПЛА

1	HEE Wing F-01	140 км/год	30 км
2	HEE Wing F-02	140 км/год	30 км
3	HEE Wing F-03	140 км/год	30 км
4	HEE Wing F-04	140 км/год	30 км

[СТВОРИТИ ПЛАН](#)

### Плани

БПЛА	Довжина	APM файл
HEE Wing F-01	51 км	<a href="#">↓</a>
HEE Wing F-02	30 км	<a href="#">↓</a>

КАРТА    дослід    custom\_gondor

The map displays a network of points (red circles) and a central path (blue line) connecting them. The path starts at point 0 and visits points 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, and 12 in sequence. The drone takeoff points are marked with red circles and labeled M-01-F1 through M-01-F7. The map shows a geographical area with roads, rivers, and green spaces. The interface includes a map control panel with zoom in (+) and zoom out (-) buttons, and a user profile icon.

# 4. Програмні засоби і системи

# ППП сімейства ВЕКТОР для розв'язування ЗКО

ВЕКТОР-1 (1975-1977)	Розроблявся для нових тоді ЄС ЕОМ на мові Assembler IBM/360.
ВЕКТОР-1В (1977-1980) Спеціалізований ППП для розв'язування задач розміщення модулів ЦА на платах/фіксов. позиції	На відміну від існуючої тоді доктрини, що серйозні ПС реалізуються для ефективності на мовах нижнього рівня (асемблерах), він реалізований на мові ФОРТРАН
ВЕКТОР-2 (1980-1986) Діалоговий ППП. Мобільний: БЭСМ-6, ЄС ЕОМ, ПЕОМ	Розв'язування ЗКО із декількох класів задач конструкторського проєктування ЕОМ (розміщення, компоновка, трасування)
Впроваджені в НДІ (Москва); "Електронмаш" (Київ): Упр.К М4030-1	

# СППР «Альтернатива»

«Альтернатива» орієнтована на дослідження, аналіз та розв'язування складних проблем багатокритеріального вибору в умовах ризику та невизначеності (1992-1994).

*Особливості:*

- багатоетапний процес формалізації прикладної задачі – від допустимої скінченної множини альтернатив до задання рейтингів/ваг критеріїв та експертів,
- можливість ОПР уточнювати постановку задачі та коригувати вагові коефіцієнти,
- аналіз історії прийняття рішень, захист інформації.

Пройшла успішну апробацію при розв'язуванні та дослідженні важливих складноформалізуємих задач вибору альтернативних сценаріїв (Мінекономіки України)

# Система MISS

**MISS** (multifunctional interactive specialized system, 1991–1995) – спеціалізована система, орієнтована на використання як інструментальна підтримка при розв'язуванні та дослідженні практичних задач – задач розкрою, розміщення електронних компонентів на платах, проектування складних технічних систем та інших задач комбінаторної оптимізації.

**Основні особливості:** реалізація елементів та можливостей експертних систем,

- ведення БД та БЗ, автоматичне накопичення та подальше використання «досвіду» для оптимізації обчислювального процесу;

- високий ступінь автоматизації обчислювального процесу – вибір моделей, методів розв'язування та налаштування основних параметрів алгоритмів

# Система прогнозування ВВП України

Призначалася для середньострокового прогнозування економіки України за умов зламу трендів після розвалу СРСР (1994-2000).

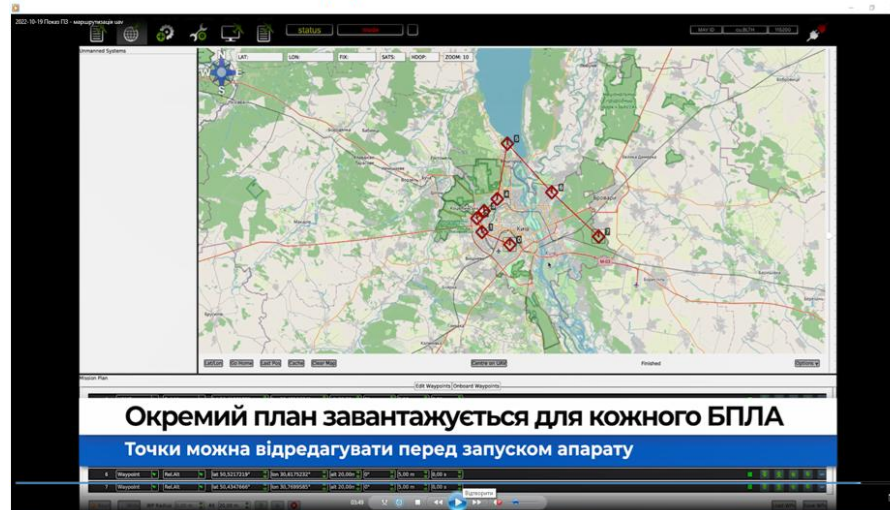
*Застосовувалася* для прогнозування в рамках проєкту нового президента Л.Кучми «Україна-2000» (1995) та для розроблення та надання поточних прогнозів для Мінекономіки та Кабміну України (1995-2000)

# Блок оптимізації маршрутів при плануванні місій БпЛА

Блок оптимізації для задач з обстеження чи обслуговування заданих об'єктів командами БпЛА чи гібридними системами «Тр+БпЛА»

Оптимізація маршрутів за наявності *альтернативних, стаціонарних* або *динамічних* баз. *Інтегровано* в поширені системи керування БпЛА MissionPlanner та UgCS

Планування місії команди БПЛА:  
декілька баз



## 5. Перспективи (особ.)

Продовження досліджень і розроблень у  
напрямах:

- Застосування ройового інтелекту
- Програмно-алгоритмічні засоби для планування місій груп та роїв БпЛА
- Квантові обчислення/алгоритми
- ШІ у прикладних задачах
- Теорія нечітких множин

# То не час минає – то минаєм ми (Ліна Костенко)

Із вдячністю Вчителям,  
співробітниками відділу комбінаторної оптимізації  
та інтелектуальних ІТ та  
колегам із ІК, а також колегам із  
КНУ, КПІ, УжНУ та інших інституцій



Іван Васильович  
Сергієнко



Марія Фадеївна  
Каспшицька

# Вибрані публікації

1. Гуляницький Л.Ф. (2026) Рої БпЛА та їхні характеристики. Кібернетика та системний аналіз, 62, № 2. 72–89.
2. Hulianytskyi L., Ogurtsov M., Korolyov V., Rybalchenko O. and Yarushevskiy O. (2025). The Group Movement Optimization of Autonomous Agents in a Locally-Centric Navigation Model. Proceedings of the International Workshop on Computational Intelligence (IWSCI 2025) co-located with the IV International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol 2025). Kyiv-Uzhhorod, Ukraine, May 01–05, 2025. CEUR, vol-4036. 34-56
3. Гуляницький Л.Ф. Диверсифікація пошуку в алгоритмах ОМК та її застосування (2025). Кібернетика та системний аналіз, 61, 1, 27–42
4. Hulianytskyi L., Rybalchenko O. (2023). 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. P.245-256
5. Horbulin, V.P., Hulianytskyi, L.F. & Sergienko, I.V. (2023). Planning of Logistics Missions of the "UAV+Vehicle" Hybrid Systems. Cybern Syst Anal, 59, 733–742
6. Гуляницький Л.Ф., Рибальченко О.В. Оптимізація маршрутів при плануванні місій гібридних транспортних систем "Дрон+Транспортний засіб". Cybernetics and Computer Technologies. 2023. 3. С. 44–58
7. Horbulin, V.P., Hulianytskyi, L.F. & Sergienko, I.V. (2020). Optimization of UAV Team Routes in the Presence of Alternative and Dynamic Depots. Cybern Syst Anal 56, 2, 195–203
8. Hulianytskyi, L., & Pavlenko, A. (2019). Ant colony optimization algorithms with diversified search in the problem of optimization of airtravel itinerary. Cybernetics and Systems Analysis, 55 (6), 978-987
9. Hulianytskyi L. F., Riasna I. I. Formalization and classification of combinatorial optimization problems. In: Optimization Methods and Applications (eds. Butenko S., Pardalos P. M., Shylo V.). – Cham: Springer International Publishing AG, 2017. – P. 239–250
10. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації: навч. посіб. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 142
11. Hulianytskyi L.F., Sirenko S.I. Hybrid Metaheuristic Combining Ant Colony Optimization and H-Method // Swarm Intelligence: Proceedings 7th International Conference ANTS 2010 (Brussels, Belgium, September 8-10, 2010) (Eds. M.Dorigo et. al.). Lecture Notes in Computer Science. – Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag. 2010. Vol. 6234/2010
12. Sergienko I. V., Hulianytskyi L. F. and Sirenko S.I. Classification of applied methods of combinatorial optimization // Cybernetics and Systems Analysis. 2009, 45, No. 5. 732–741
13. Hulianytskyi L. F. and Sergienko I. V. Metaheuristic Downhill Simplex Method in Combinatorial Optimization // Cybernetics and Systems Analysis. 2007. 43, No. 6. 822–829
14. Панасюк Б.Я., Сергієнко І.В., Гуляницький Л.Ф. Прогнозування розвитку економіки України // Економіка України. 1996. №1. 20-31
15. Гуляницький Л.Ф., Сергієнко І.В., Ходзинский А.Н. Проблемы разработки и исследования параллельных методов дискретной оптимизации / Языки программирования и параллельные ЭВМ (алгоритмы и алгоритмические языки). -М.: Наука, 1990. С. 62-78
16. Сергієнко І.В., Гуляницький Л.Ф., Малышко С.А. О решении задач размещения одного класса. Экономика и мат. методы. 1989. XXV, № 3. 560-564

# Замість епілога

Звіт за НДР, що виконувалася у відділі в **2018-2019** рр., відкривався епіграфом:

Успіх у сучасних бойових діях –  
це масоване застосування у ЗС  
інформаційних технологій,  
штучного інтелекту та  
роботизованих систем

**Дякую за увагу!**

**Слава Україні!**



Всі ілюстративні світлини із відкритих джерел

**LeonHul.ICyb@gmail.com**