

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

МЕТОДИ НЕГЛАДКОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

Д.ф.-м.н. Петро СТЕЦЮК

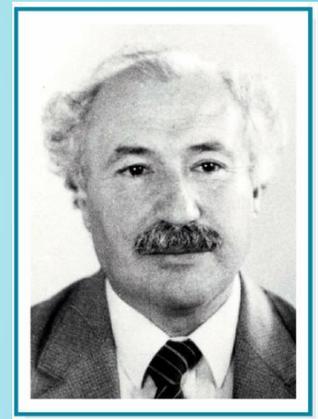
завідувач відділу методів негладкої оптимізації

АКТУАЛЬНІСТЬ МЕТОДІВ НЕГЛАДКОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Останніми десятиліттями спостерігається значний розвиток теорії та чисельних методів негладкої оптимізації, що зумовлено наступними факторами:

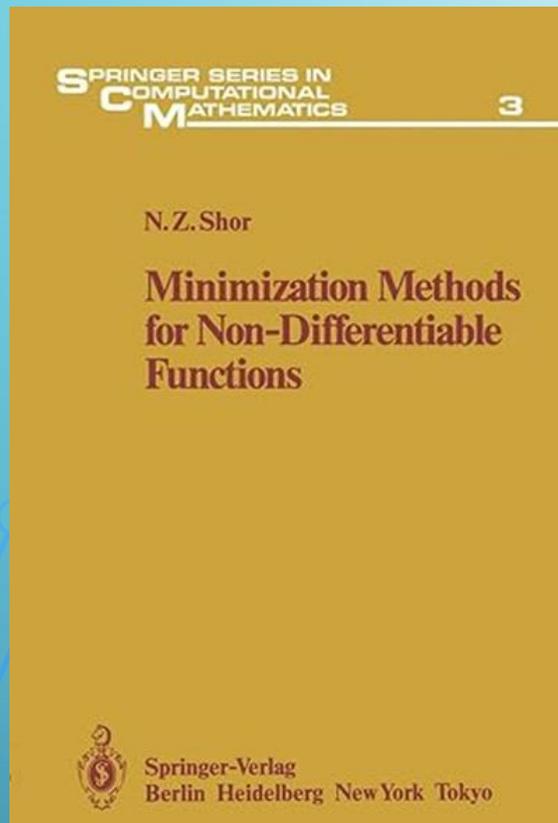
- негладкі функції все частіше зустрічаються при математичному моделюванні технологічних, екологічних та економічних процесів;
- наявністю добре розвинених теорії і чисельних алгоритмів (у світі налічується багато відомих наукових шкіл негладкої оптимізації);
- актуальністю розроблення ефективних алгоритмів для нових прикладних областей (нейронні мережі, машинне навчання, великі дані);
- прогресом сучасної обчислювальної техніки (кластерні архітектури, grid- та cloud-обчислення).

ШКОЛА НЕГЛАДКОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ Н.З. ШОРА



У **1962 році** Н.З. Шор розробив перший субградієнтний метод.

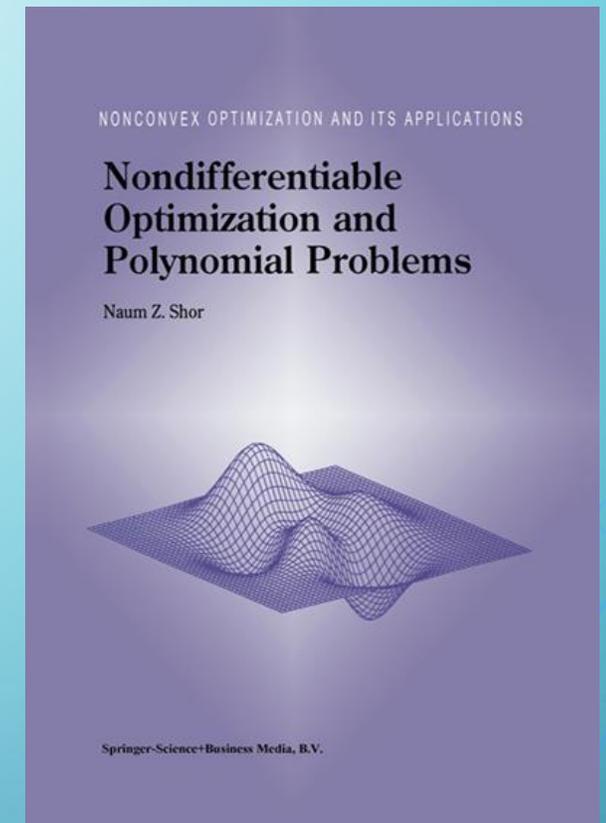
У **1969 році** вперше використав оператор розтягу простору для прискорення субградієнтних методів.



Найбільш відомі результати

- r-Алгоритми (**1970**)
- Метод еліпсоїдів (**1977**)
- Двоїсті оцінки в квадратичних екстремальних задачах (**1985**)

Методи мають суттєве теоретичне та прикладне значення, вони є «ключем» для розв'язання задач великої розмірності.





ПРО РОЗВИТОК СУБГРАДІЄНТНИХ МЕТОДІВ

В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова розроблено

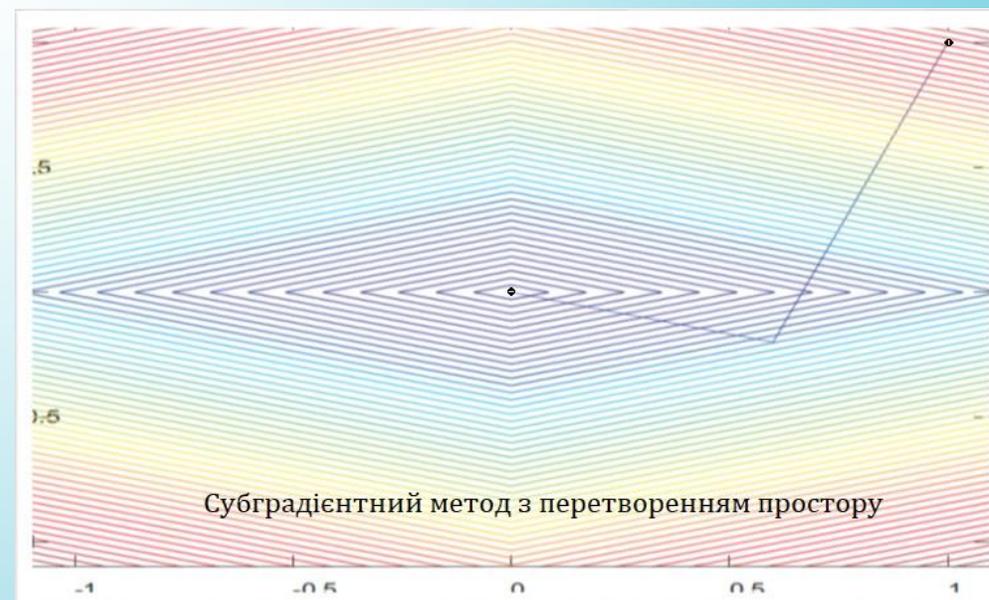
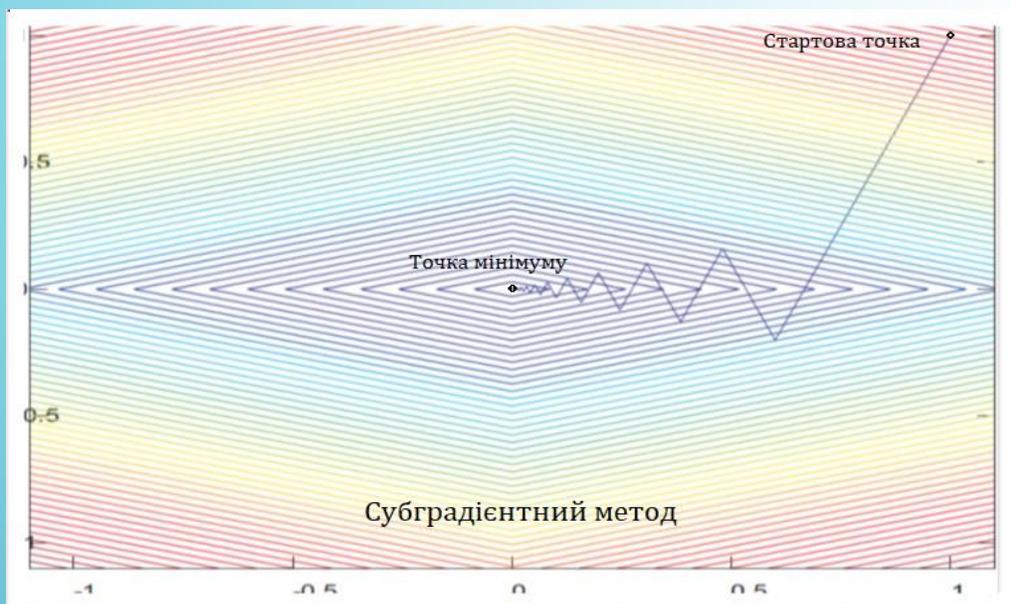
- нові модифікації r -алгоритмів: **$r(\sigma)$ -алгоритми** з автоматичним вибором коефіцієнтів розтягу простору, **$r(n)$ -алгоритми** з розтягом простору по різниці нормованих субградієнтів;
- узагальнене сімейство методів еліпсоїдів;
- нові субградієнтні методи з перетворенням простору, які використовують інформацію про мінімальне значення функції.

Методи мають **прискорену збіжність** для яружних функцій та використовуються як **оптимізаційні ядра** для прикладних задач.



Прискорена збіжність алгоритмів

для кусково-лінійної функції $f(x_1, x_2) = |x_1| + 10|x_2|$



Розроблені алгоритми з використанням операторів перетворення простору змінних надають можливість будувати ефективні алгоритми для розв'язання оптимізаційних задач із сингулярними особливостями.

ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНИХ ЗАСТОСУВАНЬ

Задачі оптимального проектування надійних мереж

- Відмовостійкі мережі
- Сопло Лаваля з центральним тілом
- Дефекти в регулярних структурах
- Збалансоване пакування (2D та 3D)
- Міжгалузеві моделі планування структурно-технологічних змін

МЕТОДИ НЕГЛАДКОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ
В ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧАХ

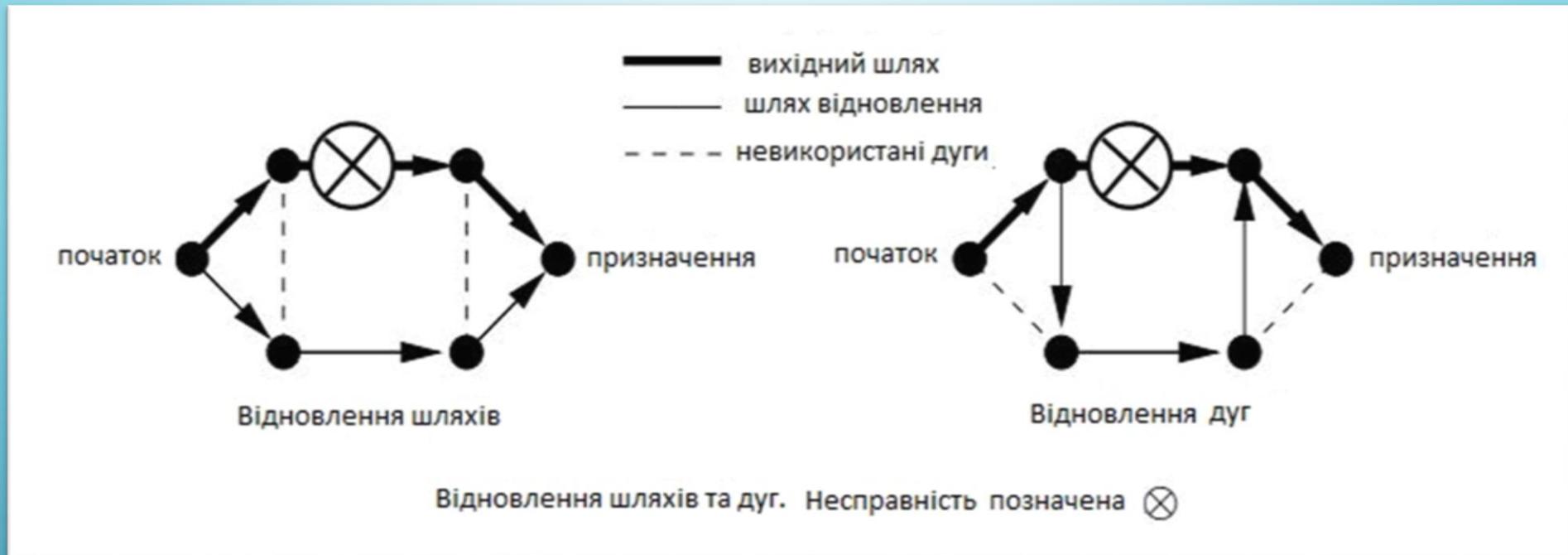


Київ - 2023

Відмовостійкі мережі (2017-2021)

ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМЕНІ В.М. ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ

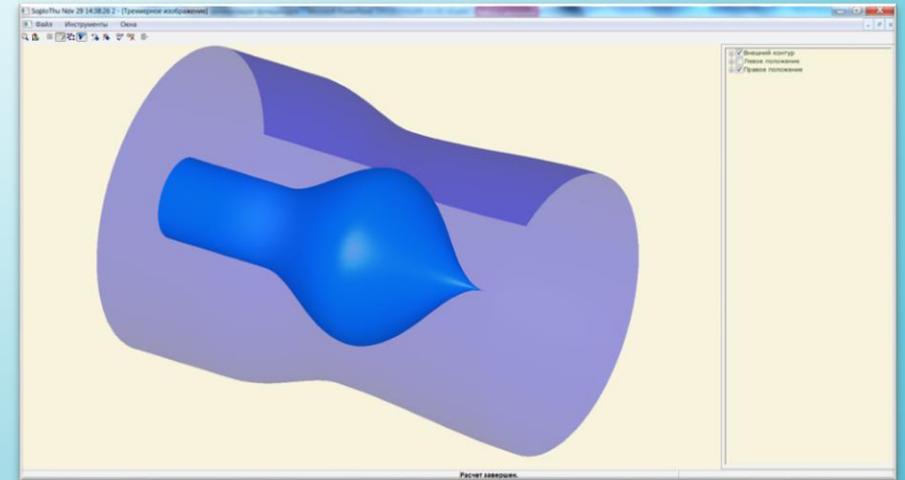
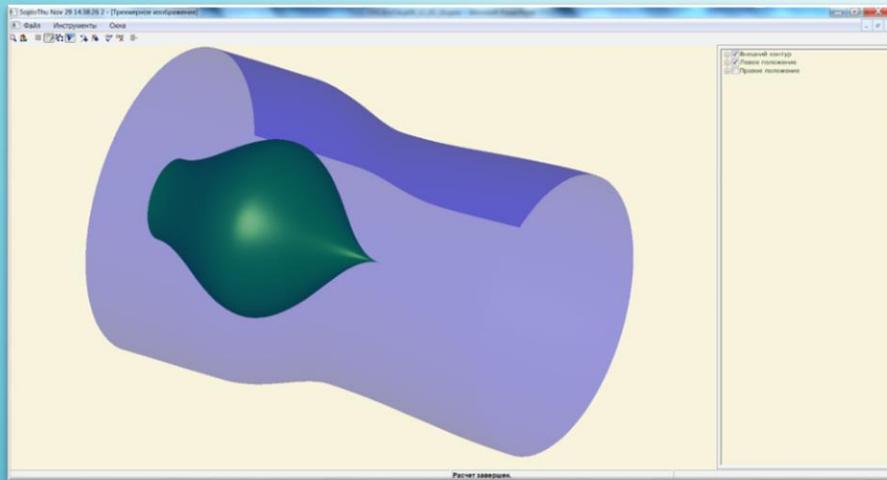
Розроблено математичні моделі, методи та програмне забезпечення для задач знаходження та модернізації пропускних спроможностей дуг мереж (блочні задачі з сотнями мільйонів змінних та сотнями тисяч обмежень).



СОПЛО ЛАВАЛЯ З ЦЕНТРАЛЬНИМ ТІЛОМ (2018-2020)

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ІВЧЕНКО-ПРОГРЕС», ЗАПОРІЖЖЯ

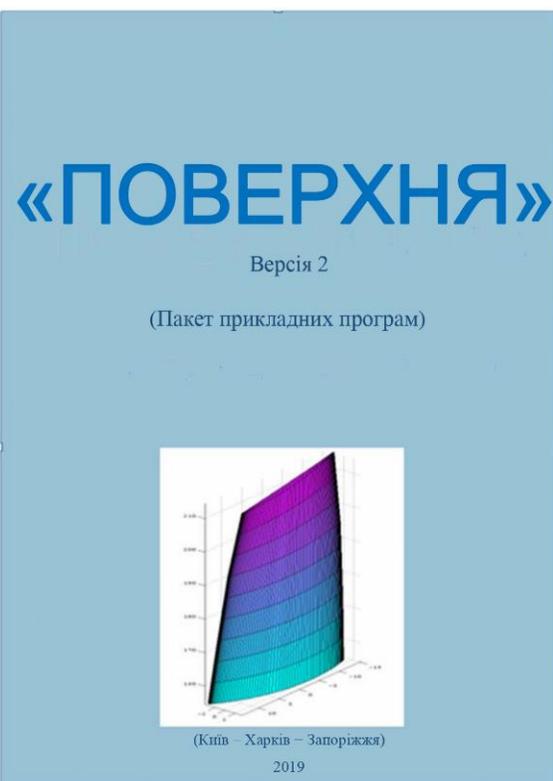
Створено методи та програмне забезпечення для побудови профілів зовнішнього та внутрішнього контурів поверхонь сопла Лаваля з центральним тілом, аеродинамічних профілів та поверхонь пера лопатки для авіадвигунів.



На основі отриманих результатів розширено функціональні можливості пакетів прикладних програм «Поверхня» та «Сопло»

ПРО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ (2019-2020)

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО «ІВЧЕНКО-ПРОГРЕС», ЗАПОРІЖЖЯ



Математичне та програмне забезпечення використовується в ППП «Поверхня», який призначений для побудови профілів пера лопаток із заданими графіками кривин, та ППП «Сопло», який призначений для проектування профілів сопла Лаваля з центральним тілом.

ОСТАВЕ-ПРОГРАМА NaQCC
ДЛЯ ПОБУДОВИ КРИВОЇ
В НАТУРАЛЬНІЙ ПАРАМЕТРИЗАЦІЇ
З КВАДРАТИЧНОЮ КРИВИНОЮ
ТА ЗАДАНИМИ КУТОМ І АБСЦИСОЮ

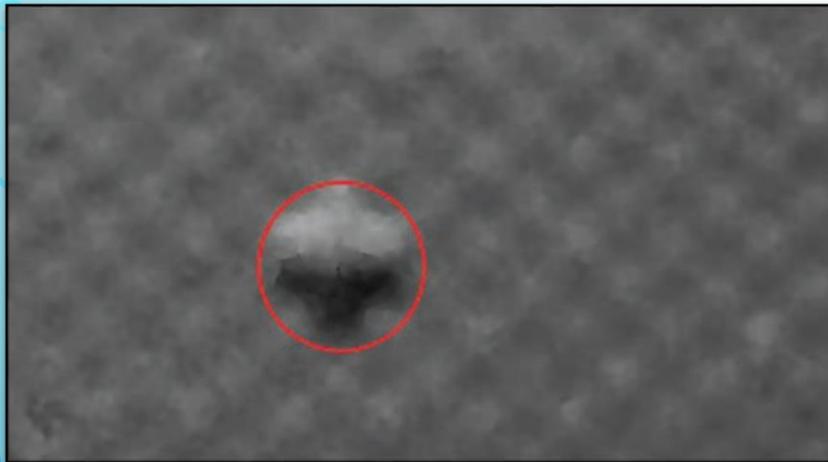
КЕРІВНИЦТВО КОРИСТУВАЧА
Версія 1

Київ-2020

ДЕФЕКТИ В РЕГУЛЯРНИХ СТРУКТУРАХ (2017-2020)

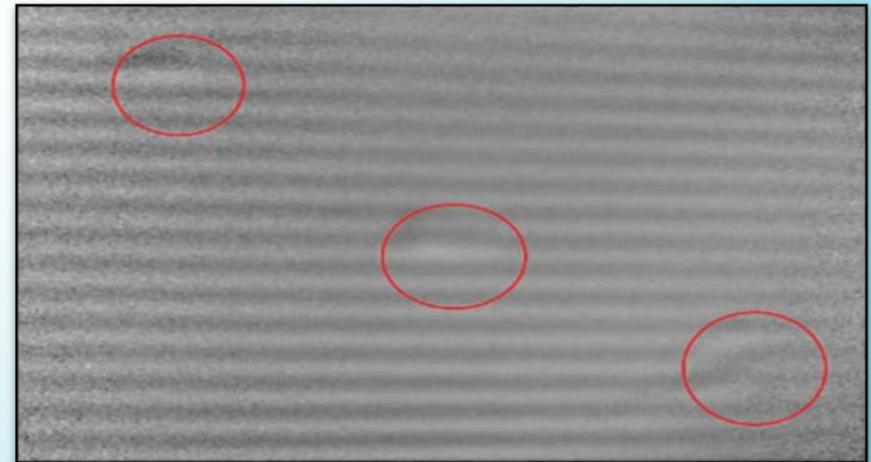
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМЕНІ Є.О. ПАТОНА НАН УКРАЇНИ

Створено алгоритмічне та програмне забезпечення для знаходження місць розміщення та границь дефектних областей у зображеннях, отриманих за допомогою методів ширографії для тонкостінних багат шарових композиційних матеріалів



Трьохшарова панель з дефектом зварювання

Результати
вимірювання
деформацій

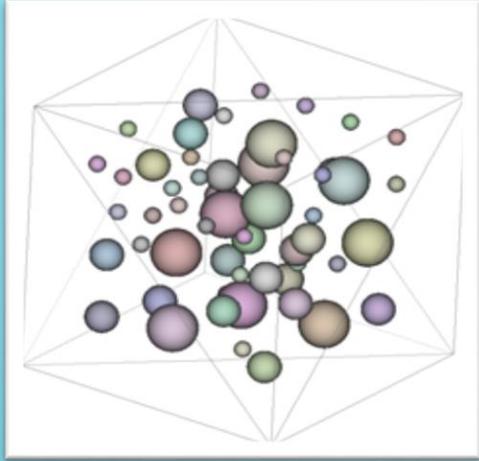


Композиційна пластина (три внутрішніх дефекти)

Stetsyuk P.I., Savitsky V.V. ***On Defects Searching in Regular 3D-Structures.***
Journal of Automation and Information Sciences. 2018. Vol. 50. Issue 3. P. 21-37.

ЗБАЛАНСОВАНЕ ПАКУВАННЯ (2011-2023)

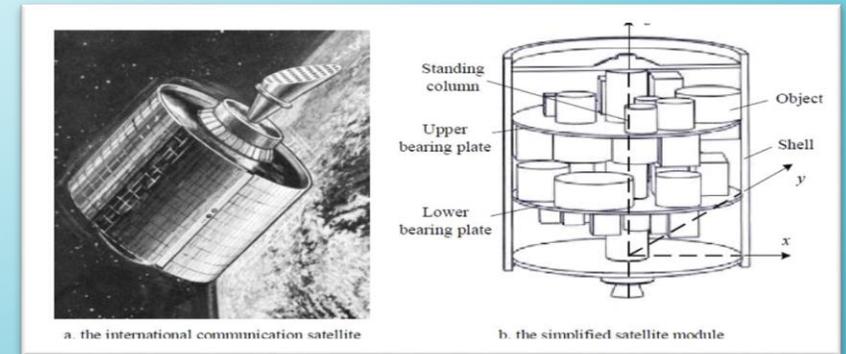
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ ІМЕНІ А.М. ПІДГОРНОГО НАН УКРАЇНИ



Розроблено математичні моделі, послідовні та паралельні алгоритми для задач оптимального пакування (компонування) геометричних 2D- та 3D-об'єктів за умови балансу.

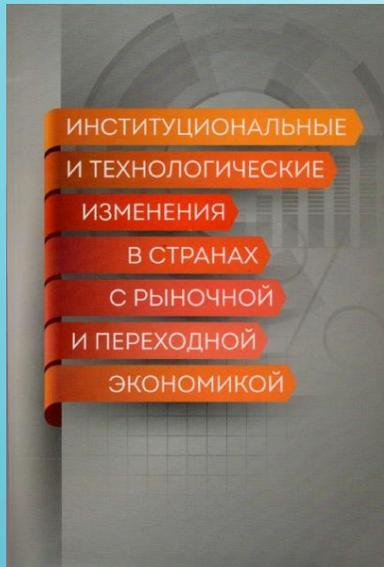
Паралельні алгоритми реалізовані на суперкомп'ютерному комплексі SKIT Інституту кібернетики НАН України.

Області застосування. Космічна інженерія, адитивне виробництво (3D-друк), матеріалознавство та інше.



Гранти: «Нові інформаційні технології для задач проектування та компоновки: моделі, методи та програмне забезпечення» (НТЦУ, 2014-2015) та «Задачі оптимізації та рівноваги з сингулярними розв'язками: теорія та числові методи» (Volkswagen Foundation, 2021-2024).

МІЖГАЛУЗЕВІ МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ СТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗМІН



Розроблено методи та програмне забезпечення для оптимізаційних моделей М.В. Михалевича на базі таблиць «витрати-випуск» Леонтьєва з метою планування необхідних структурно-технологічних змін в економіці. Розв'язок цих задач сприяє виявленню структурно-технологічних диспропорцій, які впливають на кризові явища в економіці, та аналізу шляхів їх усунення.

Грант Швейцарської національної наукової фундації (**SNSF**) IZ73ZO_127962 «Аналіз інституційних та технологічних змін в ринкових та перехідних економіках на тлі сучасної фінансової кризи» (**2010–2012**) та гранти SNSF IZ63ZO_147586 (**2013-2014** рр.) і SNSF IZ63ZO_160605 (**2015-2016** рр.) для розповсюдження його результатів.

ВИСНОВКИ

Актуальність подальшого розвитку методів негладкої оптимізації визначається доведеною ефективністю їх практичного застосування. Ці методи дозволяють побудувати адекватні моделі оптимізації для актуальних прикладних задач.

Методи негладкої оптимізації можуть використовуватися для різноманітних класів задач (оптимальне планування, проектування, управління), що надає широкі можливості розширення співпраці у різних сферах науки та техніки. Існує необхідність посилення інформаційної обізнаності та зв'язків з потенційними замовниками для побудови прийнятних математичних моделей.

Особливе значення та перспективність має розроблення спеціалізованих алгоритмів негладкої оптимізації для нейронних мереж та машинного навчання.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!