

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи



Харківський національний університет радіоелектроніки  
Кафедра ЕОМ

Кваліфікаційна робота магістра

## Методи планування розподілу задач у багатопроцесорних мережах

**Виконав:**  
здобувач групи СПм-23-5  
**ГОЛОВЧЕНКО Олександр**

**Керівник:**  
доцент кафедри ЕОМ  
**ГОЛУБНИЧИЙ Дмитро**

**Мета роботи:** розроблення та порівняльний аналіз ефективності наближених алгоритмів, що базуються на ранговому методі, для вирішення задачі балансування навантаження. Ця задача може бути формалізована у вигляді задачі цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними (ЦЛП з БЗ)

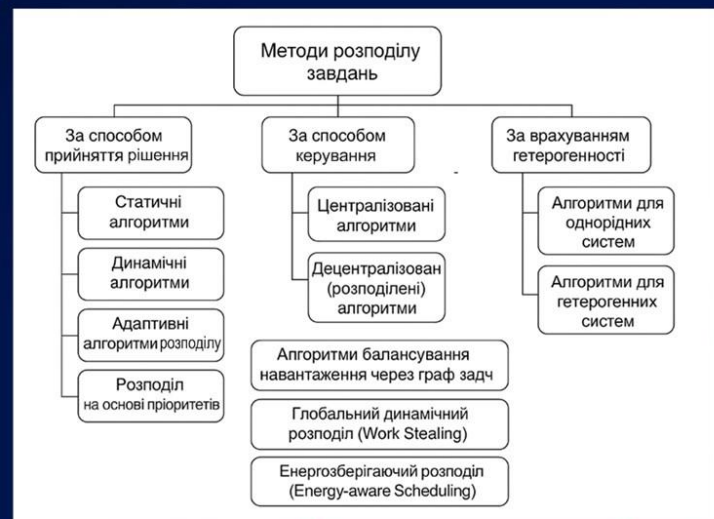
**Актуальність роботи** зумовлена двома факторами:

- широким розповсюдженням різних варіацій багатопроцесорних систем: сервери, дата-центри, суперкомп'ютери, багатоядерні процесори, комп'ютерні мережі).
- обчислювальною складністю, а точніше NP-повнотою задачі (ЦЛП з БЗ) до якої задача балансування може бути зведена.

## Задачі на опрацювання

- 1) огляд та класифікація рішень задачі балансування навантаження;
- 2) розгляд можливостей використання рангового підходу до вирішення задачі балансування навантаження в багатопроцесорній мережі;
- 3) розробка методу відсікання безперспективних рішень;
- 4) програмна реалізація алгоритмів пошуку з використанням розробленого методу;
- 5) проведення експериментальних досліджень.

## Класифікація методів розподілу навантаження у багатопроцесорних системах



## Зведення задачі розподілу до ЦЛП з БЗ

БЗ – булеві змінні; ПМ – процесорний модуль; ЦЛП – цілочисельне лінійне програмування

- у задачах цілочислового лінійного програмування з БЗ рішення подається у вигляді «0» або «1», що відображає виключення або включення певного завдання чи ресурсу з процесу планування;
- завдяки системі лінійних обмежень у моделі ЦЛП можна реалізувати політику надмірності, для забезпечення стійкості мережі до відмов;
- розширивши модель ЦЛП кількома додатковими обмеженнями, можна домогтися включення вимог якості обслуговування (QoS);
  - булеві змінні у ЦЛП дають змогу формулювати як цільову функцію, так і обмеження з урахуванням витрат, відмовостійкості, безпеки та розміщення завдань у мережі.

здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

5

## Зведення задачі розподілу до ЦЛП з БЗ

Математична модель задачі перерозподілу:

$$E_v = \sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} \beta_{\mu i} X_{\mu i} \rightarrow \max$$

за наступних обмежень:

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} \Delta T_{\mu i} X_{\mu i} \leq \Delta T_v^{\text{доп}}$$

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} V_{\mu i} X_{\mu i} \leq V_v^{\text{доп}}$$

$$\sum_{i=1}^{n_v} \sum_{\mu=1}^{m_i} t_{\mu i} X_{\mu i} \leq T_v^{\text{доп}}$$

$$X_{\mu i} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \mu - \text{задача вирішується в } i - \text{му ПМ;} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

$\Delta T_v^{\text{доп}}$ ,  $V_v^{\text{доп}}$ ,  $T_v^{\text{доп}}$  – граничні значення середнього часу обслуговування задачі  $i$ -м ПМ, об'єму пам'яті, необхідному для розв'язку завдання, часу на перерозподіл даних по всій мережі.

здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

Постановка задачі 0-1 рюкзак:

Знайти певний бінарний вектор  $\vec{x}$  для якого набуває максимального значення:

$$f(\vec{x}) = \sum_{j=1}^n c_j \times x_j,$$

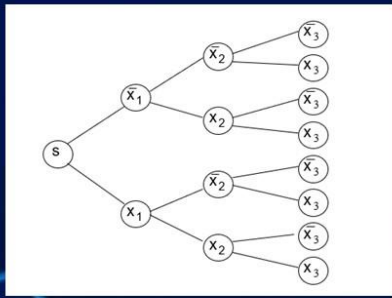
за умови, що виконуються:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i,$$

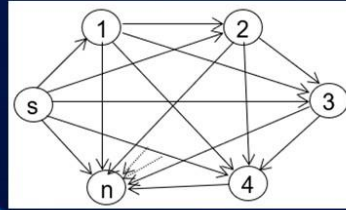
$$x_j \in \{0,1\}, \quad i = (\overline{1,m}); \quad j = (\overline{1,n}).$$

6

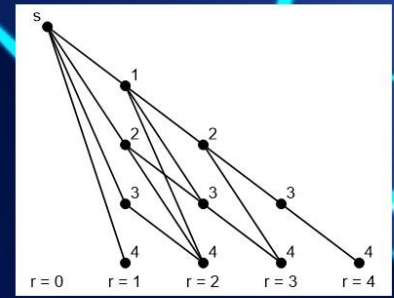
## Суть рангового підходу



Граф G



Граф G'

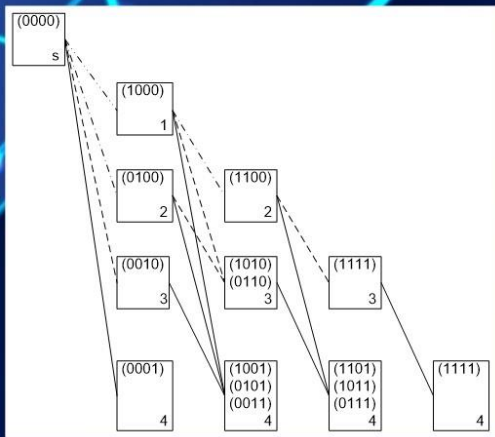


Граф ДЛ

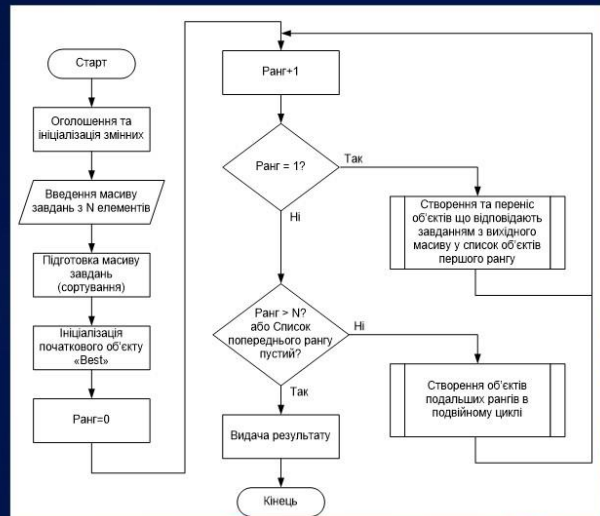


здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

## Процедура A0

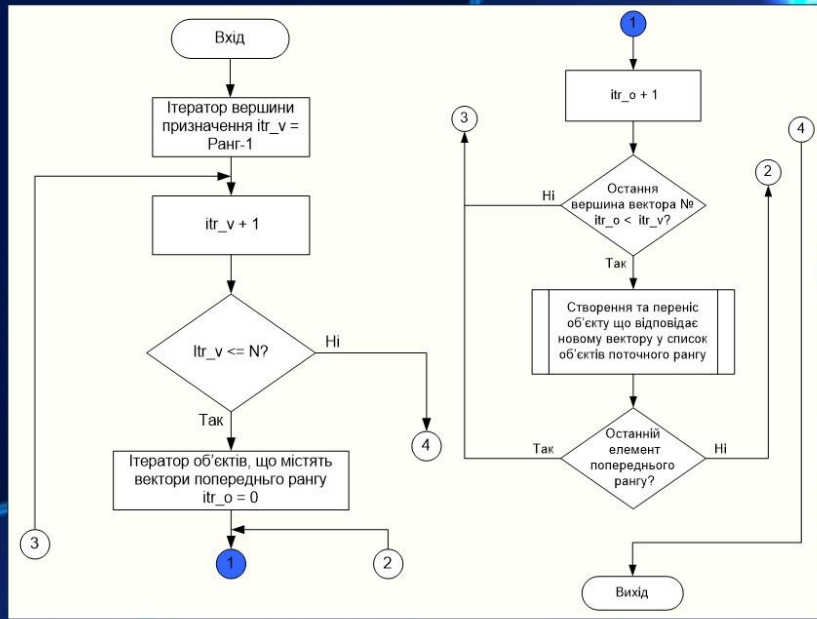


Геометрична інтерпретація ДЛ



здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

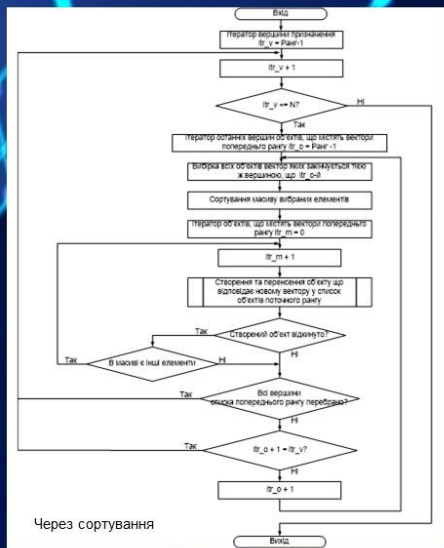
# Створення об'єктів рангів 2-п (підпрограма подвійного циклу)



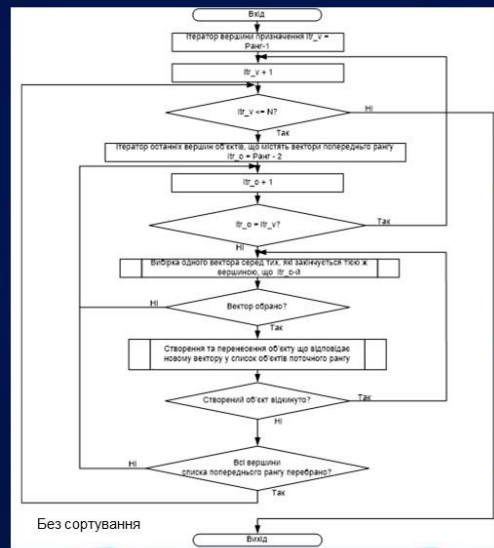
здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

9

## Метод відсікання (стратегія $L_1$ )



Через сортування

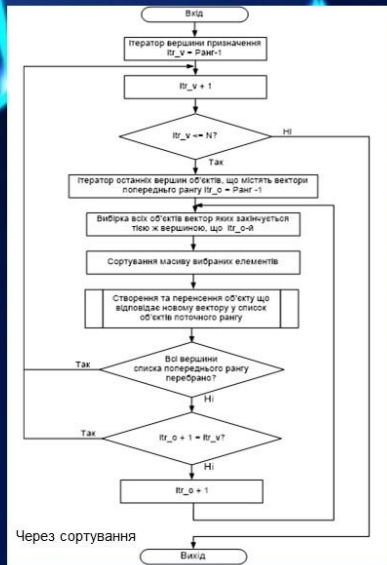


Без сортування

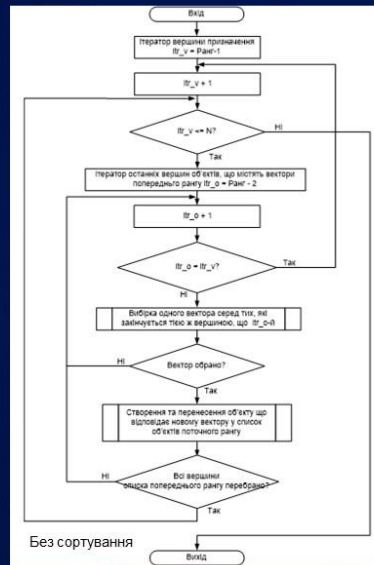
здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

10

## Метод відсікання (стратегія L<sub>2</sub>)



Через сортування



Без сортування

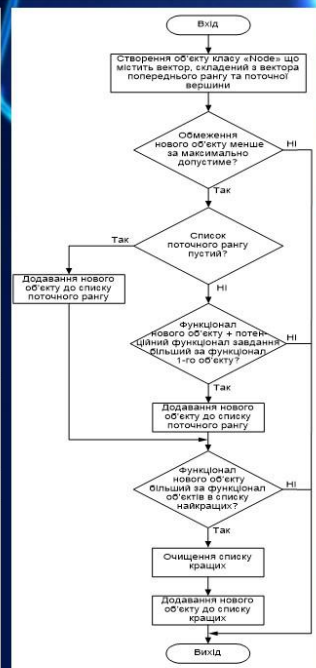
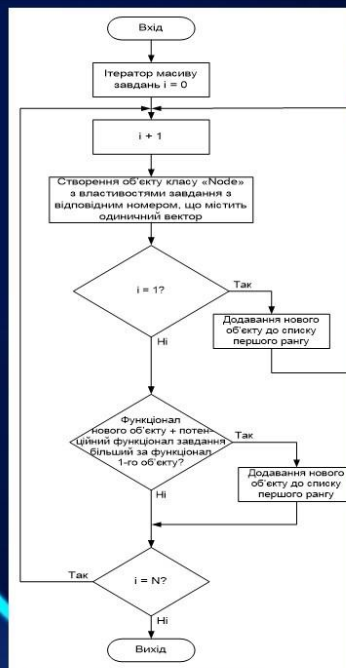
здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

## Створення об'єктів за L<sub>3</sub>

Основна ідея відкинути вектори які задовольняють:

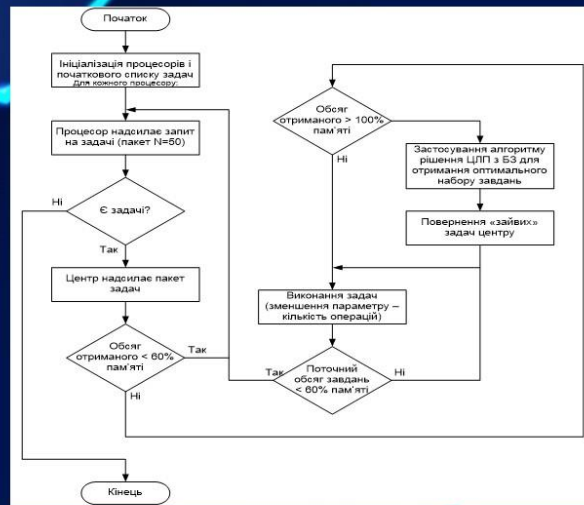
$$d_c(\mu_{sp}^i) + \gamma_p < \max \left\{ d_c \left( \begin{matrix} * r \\ \mu_{sp} \end{matrix} \right) \right\} \{c_j\}$$

Модифікація стратегії L<sub>3</sub> реалізується через додаткові перевірки складу вектора на етапі його створення та механізмів переривання циклів.



здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

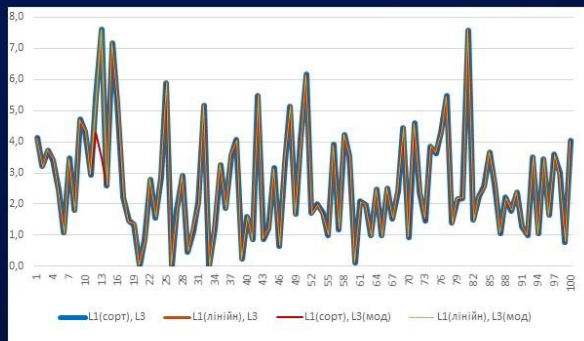
## Алгоритм роботи моделі мультипроцесорної системи



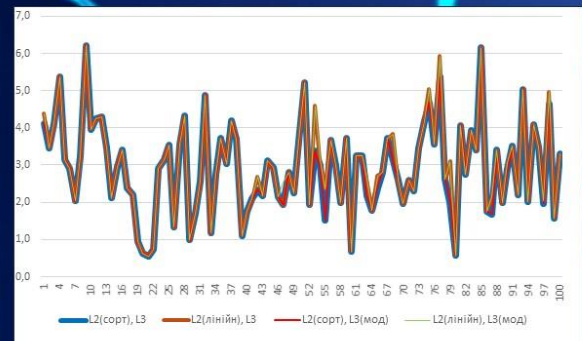
здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

13

## Експериментальні дослідження (1)



Похибки результату алгоритму  $A_1$



Похибки результату алгоритму  $A_2$

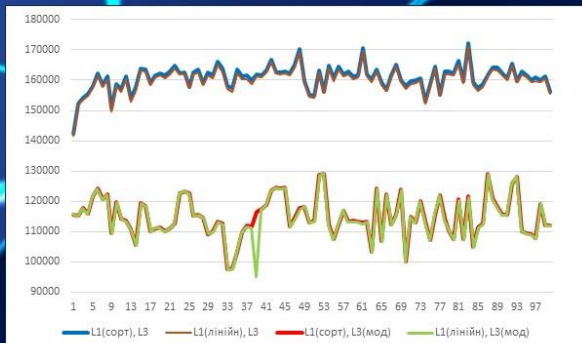
Похибка алгоритму  $A_1$  приймає значення від 0 до 7,6, тобто максимальне значення похибки даного алгоритму на 1,3% вище за той же показник для  $A_2$  де максимальна похибка 6,3%.

Реалізація стратегії  $L_2$  впливає на похибку  $A_2$ : при сортуванні вона менша в рамках півтора відсотка.

здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

14

## Експериментальні дослідження (2)



Кількість опрацьованих  $A_1$  векторів



Кількість опрацьованих  $A_2$  векторів

Будь-яка реалізація запропонованих алгоритмів серйозно зменшує кількість аналізованих векторів порівняно з методом грубої сили. При розмірності задачі 150, максимальна кількість векторів що розглядаються дорівнює 173000. При цьому використання алгоритму  $A_2$  дозволяє знизити цю кількість ще на 10000.

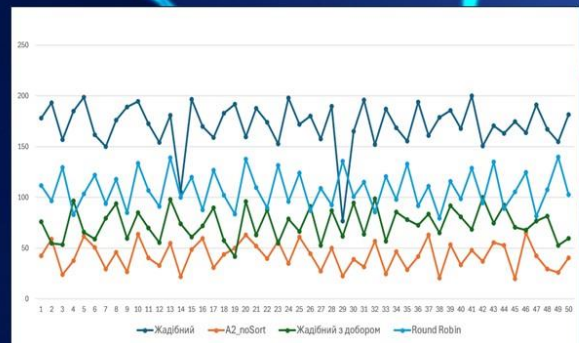
здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

15

## Експериментальні дослідження (3)



Похибки результату алгоритму  $A_1$



Похибки результату алгоритму  $A_2$

$A_2$  з реалізацією через  $L_1$  без сортування та модифікованою  $L_3$  підтримує значення завантаження в рамках 90-98%, що робить його другим після жадібного з донабором, при цьому запропонований алгоритм має найкращі показники відхилення завантаження в рамках 60 мббайт.

здобувач гр. СПМ-23-5 Головченко О.С.

16

## Висновки

В ході роботи було проведено оглядове ознайомлення з сучасними методами балансування навантаження в мультипроц. мережі; означена актуальність розробки наближених методів вирішення; запропоновано ряд програмних реалізацій складових частин для двох наближених алгоритмів пошуку рішення на основі рангового підходу; виявлено помилковість твердження згідно з яким при формуванні векторів будь-якої підмножини використовуючи процедуру  $A_0$  вони будуть автоматично відсортовані за функціональною довжиною у порядку її зниження; запропоновано модифікацію для стратегії завчасного відкидання варіантів, яка не впливаючи на точність рішення дозволяє суттєво скоротити кількість виконуваних операцій обробки векторів; проведено експериментальні дослідження щодо порівняння запропонованих реалізацій між собою, і для найкращої проведено експериментальне тестування на спрощеній моделі мультипроц. мережі.

Подальші дослідження можна вести або шляхом покращення існуючих алгоритмів та їх програмної реалізації, або шляхом утворення і комбінування у алгоритми пошуку нових стратегій відсікання +  $A_0$ .

## Апробація

Голубничий Д. Ю., Головченко О. С. Застосування алгоритмів рангового підходу при плануванні розподілу задач в багатопроцесорних системах. Збірник науково-технічних праць «Радіотехніка». 2024. №219. С. 16-27. – DOI: 10.30837/rt.2024.4.219.02.