

1. Інакше, якщо  $\text{rank} = P / 2 - 1$ :
  - a. ввести C, Z, MO та MK;
  - b. передати C, Z, MO та MK в  $T(P / 2 - 2)$ ;
  - c. передати C, Z, MO та MK в  $T(P / 2 - 1)$ ;
  - d. прийняти B та MR від  $T(P / 2 - 2)$ ;
2. Інакше, якщо  $\text{rank} = P - 1$ :
  - a. прийняти C, Z, MO та MK від  $T(P / 2 - 1)$ ;
  - b. передати C, Z, MO та MK в  $T(P - 2)$ ;
  - c. прийняти B та MR від  $T(P - 2)$ ;
3. Інакше:
  - a. прийняти B та MR від  $T(\text{rank} - 1)$ ;
  - b. передати B та MR в  $T(\text{rank} + 1)$ ;
  - c. прийняти C, Z, MO та MK від  $T(\text{rank} + 1)$ ;
  - d. прийняти C, Z, MO та MK від  $T(\text{rank} - 1)$ ;
4. Рахувати:  $a_i = \max(Z_H)$ ;
5. Рахувати:  $a = \max(a, a_i)$ ;
6. Рахувати:  $s_i = B_H * C_H$ ;
7. Рахувати:  $s = s + s_i$ ;
8. Рахувати:  $MA_H = s * MO_H + a * MR * MK_H$ ;
9. Якщо  $\text{rank} = P / 2$ :
  - a. прийняти  $MA_H$  з  $T(1)$ ;
  - b. прийняти  $MA_H$  з  $T(P / 2 + 1)$ ;
  - c. вивести  $MA$ ;
10. Інакше, якщо  $\text{rank} = P - 1$  або  $\text{rank} = P / 2 - 1$ :
  - a. передати  $MA_H$  до  $P - 2$  або  $P/2 - 2$  відповідно;
11. Інакше, якщо  $\text{rank} > P / 2$  і  $\text{rank} < P - 1$ :
  - a. прийняти  $MA_H$ ;
  - b. передати  $MA_H$ ;
12. Інакше, якщо  $\text{rank} > 0$  і  $\text{rank} < P / 2 - 1$ :
  - a. прийняти  $MA_H$ ;
  - b. передати  $MA_H$ ;
13. Інакше, якщо  $\text{rank} = 0$ :
  - a. прийняти  $MA_H$  від  $T(1)$ ;
  - b. передати  $MA_H$  до  $T(P / 2)$ ;

### 3.3. Розробка схеми взаємодії процесів

Схема взаємодії процесів наведена в додатку Б.

### 3.4. Розробка програми ПРГ2

ПЗ для ПКС з локальною пам'яттю реалізоване на мові програмування C++ з використанням бібліотеки паралельного програмування MPI. Основний модуль містить точку входу в програму main та реалізує алгоритм процесів, описаний в розділі 3.2. Для передачі і приймання використовувались функції MPI\_Send, MPI\_Recv, MPI\_Allreduce.

Лістинг програми наведено в додатку Є.

### 3.5. Тестування програми ПРГ2

Для тестування використовувалась паралельна обчислювальна система з наступним апаратним забезпеченням:

- процесор: Intel(R) Core(TM) i5-3337U CPU @ 1.80GHz
- оперативна пам'ять: 6 Гб DDR3;

В якості програмного забезпечення використовувались:

- операційна система: Windows 10;
- компілятор: Visual Studio 2015 + MS-MPI v8, 32-бітна версія.

Таблиця 3.1. Час виконання програми з спільною пам'яттю

N	T1	T2	T3	T4
1000	10865	6599	5055	4536
1500	50969	30936	24797	20835
2000	146134	85526	72237	61673

Підрахунок коефіцієнту прискорення (КП) виконується за формулою

$$КП = T_1 / T_P$$

Таблиця 3.2. Значення КП для програми з спільною пам'яттю

N	P
---	---

	1	2	3	4
1000	1	1,646462	2,149357	2,395282
1500	1	1,647563	2,05545	2,446316
2000	1	1,70865	2,02298	2,369497

Підрахунок коефіцієнту ефективності (КЕ) відбувається за формулою

$$KE = KP / P$$

Таблиця 3.3. Значення КЕ для програми з спільною пам'яттю

N	P			
	1	2	3	4
1000	1	0,823231	0,716452	0,598821
1500	1	0,823781	0,68515	0,611579
2000	1	0,854325	0,674327	0,592374

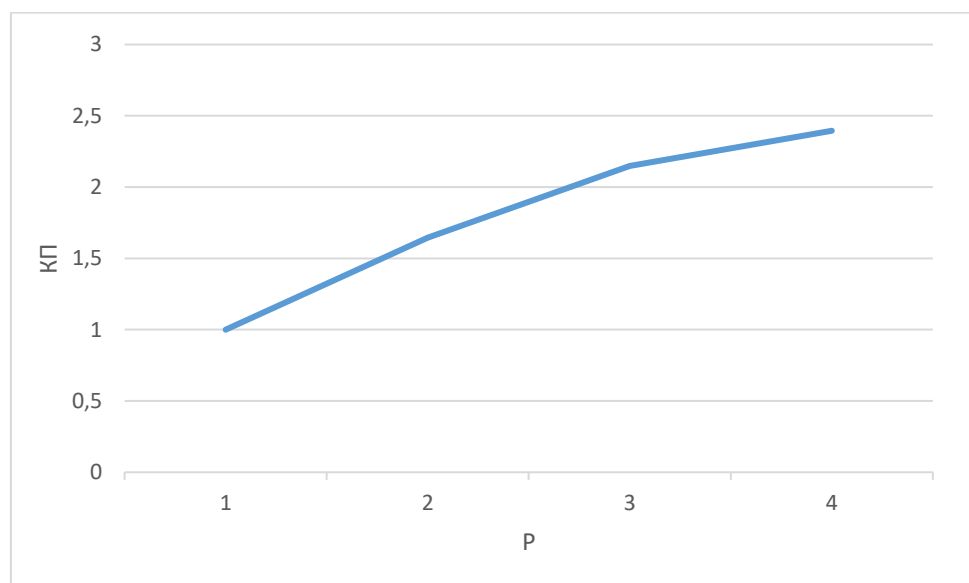


Рисунок 3.1. Графік залежності КП від кількості процесорів при N = 1000

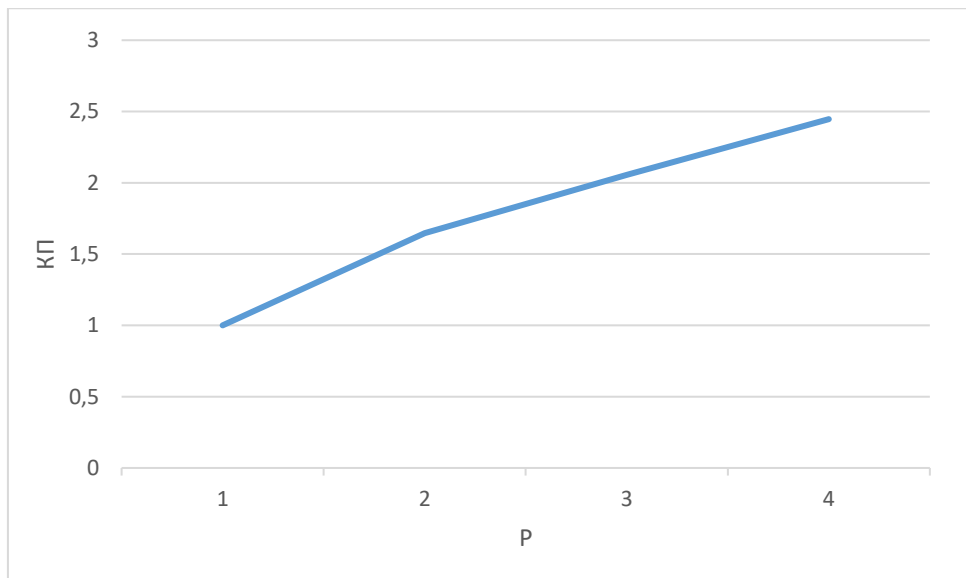


Рисунок 3.2. Графік залежності КП від кількості процесорів при  $N = 1500$

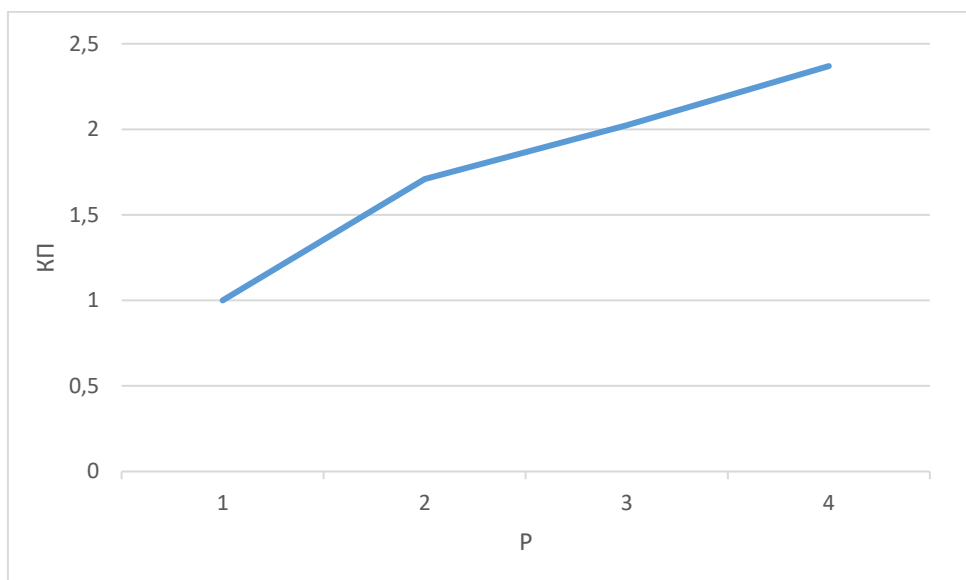


Рисунок 3.3. Графік залежності КП від кількості процесорів при  $N = 2000$

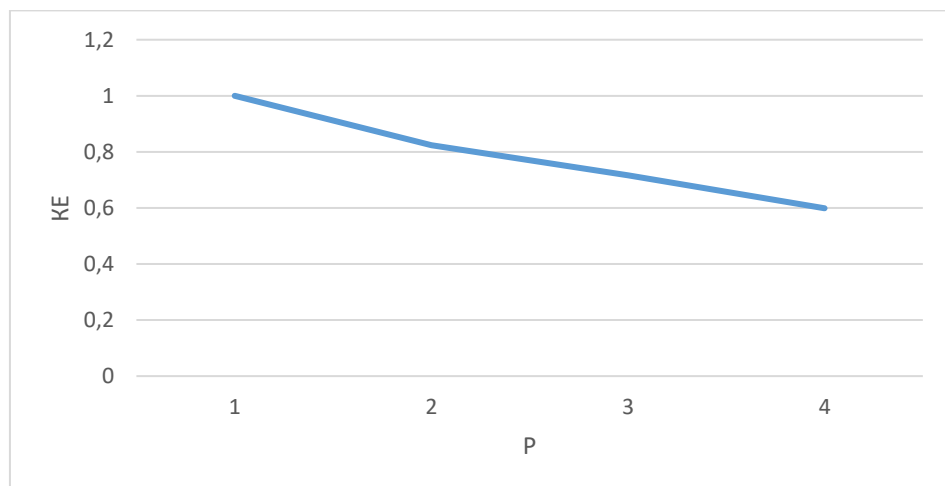


Рисунок 3.4. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при  $N = 1000$

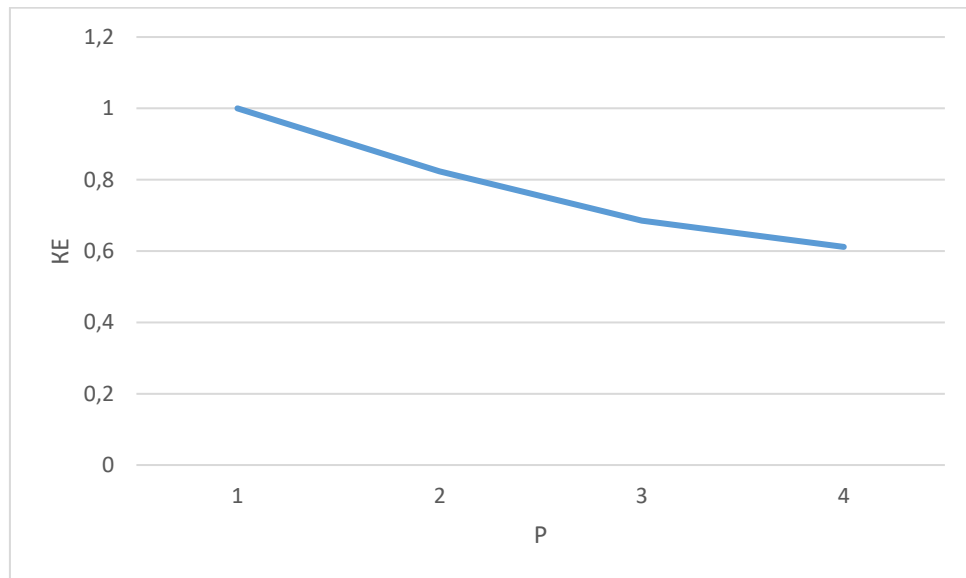


Рисунок 3.5. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при  $N = 1500$

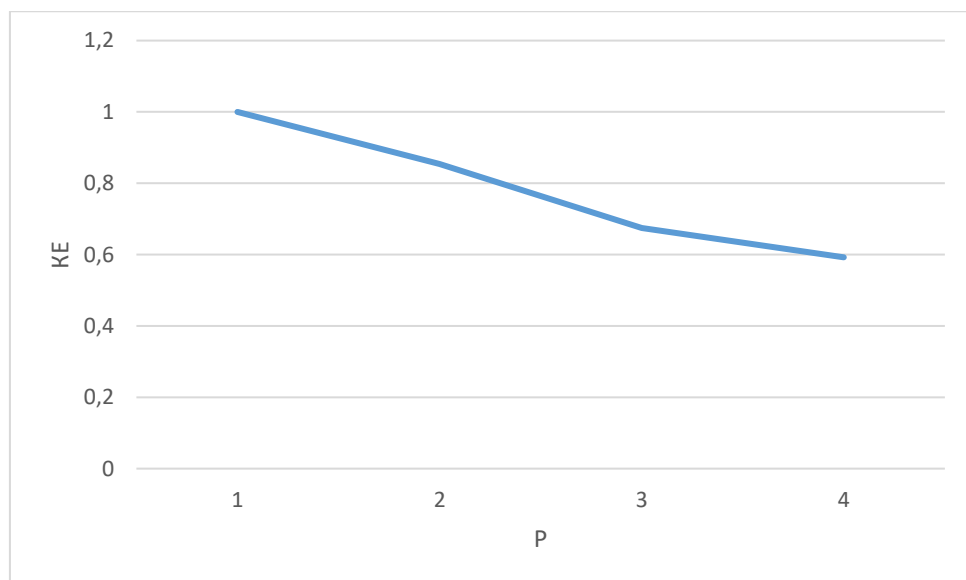


Рисунок 3.6. Графік залежності КЕ від кількості процесорів при  $N = 2000$

### 3.6. Висновки до розділу 3

- В даному розділі було розроблено програму для паралельної комп'ютерної системи з локальною пам'яттю на мові C++ з використанням бібліотеки паралельного програмування MPI.

- використання програми ПРГ2 та багатоядерної системи забезпечує скорочення затраченого часу на обчислення математичної задачі. Коефіцієнт прискорення приймає значення від 1,64 до 2,44.

- Мінімальне значення коефіцієнта прискорення 1,64 при  $P = 2$  та  $N = 1000$ .

- Максимальне значення коефіцієнта прискорення 2,44 при  $P = 4$  та  $N = 1500$ .

- Значення коефіцієнта ефективності змінюється від 59,2% до 85,4%.

- Найефективніше програма ПРГ2 працює при  $P = 2$ , при цьому коефіцієнт ефективності близький до 85%.