Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра обчислювальної техніки

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

## З ДИСЦИПЛІНИ “ ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ”

## НА ТЕМУ: “ Семафори, мютекси, події, критичні секції у C#”

**Виконав:**
Студент III курсу ФІОТ
групи ІО-82
Шендріков Євгеній
Номер у списку - 24

**Перевірив:**
Доцент
Корочкін О. В.

м. Київ – 2021 р.

## Технічне завдання

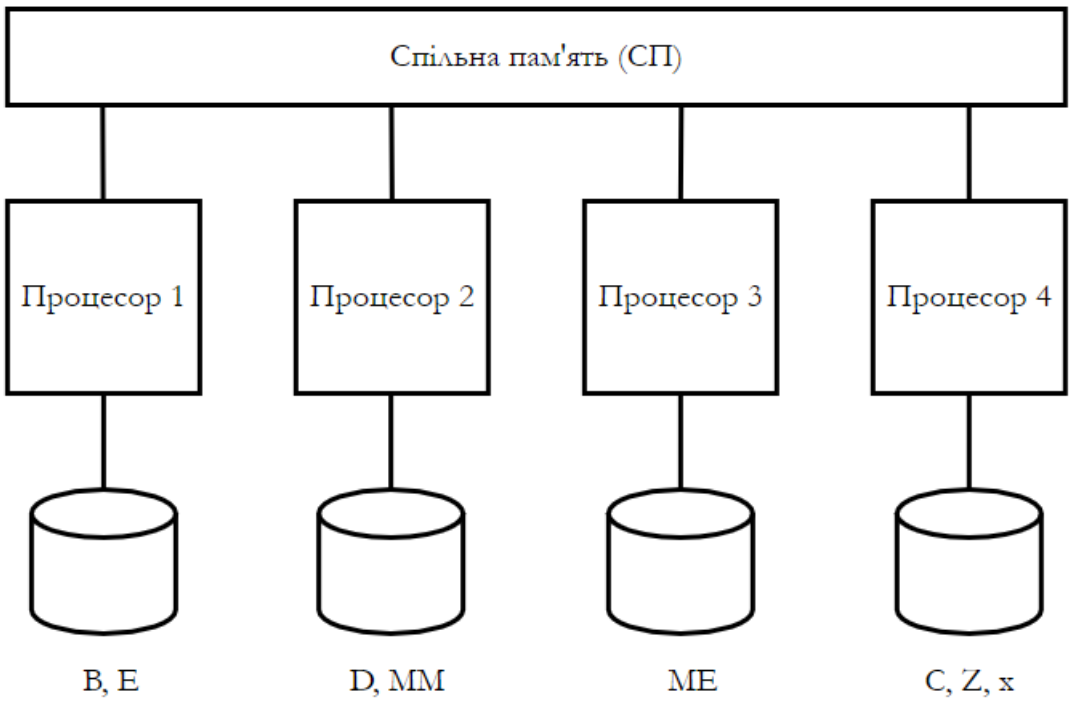
1. Розробити паралельний алгоритм рішення математичної задачі $Z = sort(D * (ME * MM)) + (B * C) * E * x$ на мові C#;
2. Виявити спільні ресурси;
3. Описати алгоритм кожного потоку (T1 – Tp) з визначенням критичних ділянок (КД) і точок синхронізації ($W_{ij}$ , $S_{ij}$);
4. Розробити структурну схему взаємодії задач, де застосувати всі вказані засоби взаємодії процесів;
5. Розробити програму (обов'язкові "шапка", коментарі);
6. Виконати налагодження програми;
7. Отримати правильні результати обчислень;
8. За допомогою Диспетчеру задач Windows проконтролювати завантаження ядер процесору.

Задача: $Z = sort(D * (ME * MM)) + (B * C) * E * x$;

Мова програмування: C#;

Засоби організації взаємодії: семафори, мютекси, події, критичні секції, атомік змінні (типи);

Структурна схема ПКС



## Виконання роботи

### Етап 1. Побудова паралельного алгоритму

1) $b_i = B_H * C_H$ , $i = \overline{1,P}$
2) $b = b + b_i$ , $i = \overline{1,P}$
3) $K_H = sort(D * (ME * MM_H))$
4) $K_{2H} = mergesort(K_H, K_H)$
5) $K = mergesort(K_{2H}, K_{2H})$
6) $Z_H = K_H + b * E_H * x$

Спільний ресурс: b, D, ME, x

### Етап 2. Розроблення алгоритмів роботи кожного процесу

| Задача Т1 | | ТС та КД |
|---|---|---|
| 1 | Введення B, E | |
| 2 | Сигнал задачам Т2, Т3, Т4 про введення B, E | $S_{2,3,4-1}$ |
| 3 | Чекати на введення D, MM у задачі Т2 | $W_{2-1}$ |
| 4 | Чекати на введення ME у задачі Т3 | $W_{3-2}$ |
| 5 | Чекати на введення C, Z, x у задачі Т4 | $W_{4-3}$ |
| 6 | Копіювати $x_1 = x$ | КД |
| 7 | Копіювати $ME_1 = ME$ | КД |
| 8 | Копіювати $D_1 = D$ | КД |
| 9 | Обчислення $b_1 = B_H * C_H$ | |
| 10 | Обчислення $b = b + b_1$ | КД |
| 11 | Обчислення $K_H = sort(D_1 * (ME_1 * MM_H))$ | |
| 12 | Чекати на завершення обчислень $K_H$ у Т3 | $W_{3-4}$ |
| 13 | Обчислення $K_{2H} = mergesort(K_H, K_H)$ | |
| 14 | Чекати на завершення обчислень $K_{2H}$ у Т2 | $W_{2-5}$ |
| 15 | Обчислення $K = mergesort(K_{2H}, K_{2H})$ | |
| 16 | Сигнал задачам Т2, Т3, Т4 про обчислення K | $S_{2,3,4-2}$ |
| 17 | Копіювати $b_1 = b$ | КД |
| 18 | Обчислення $Z_H = K_H + b_1 * E_H * x_1$ | |
| 19 | Чекати на завершення обчислень $Z_H$ в Т2, Т3, Т4 | $W_{2,3,4-6}$ |
| 20 | Виведення результату Z | |

| Задача Т2 | | ТС та КД |
|---|---|---|
| 1 | Введення D, MM | |
| 2 | Сигнал задачам Т1, Т3, Т4 про введення D, MM | $S_{1,3,4-1}$ |
| 3 | Чекати на введення B, E у задачі Т1 | $W_{1-1}$ |
| 4 | Чекати на введення ME у задачі Т3 | $W_{3-2}$ |
| 5 | Чекати на введення C, Z, x у задачі Т4 | $W_{4-3}$ |
| 6 | Копіювати $x_2 = x$ | КД |
| 7 | Копіювати $ME_2 = ME$ | КД |
| 8 | Копіювати $D_2 = D$ | КД |

| | | |
|---|---|---|
| 9 | Обчислення $b_2 = B_H * C_H$ | |
| 10 | Обчислення $b = b + b_2$ | КД |
| 11 | Обчислення $K_H = sort(D_2 * (ME_2 * MM_H))$ | |
| 12 | Чекати на завершення обчислень $K_H$ у Т4 | $W_{4-4}$ |
| 13 | Обчислення $K_{2H} = mergesort(K_H, K_H)$ | |
| 14 | Сигнал задачі Т1 про обчислення $K_{2H}$ | $S_{1-2}$ |
| 15 | Чекати на завершення обчислень K у Т1 | $W_{1-5}$ |
| 16 | Копіювати $b_2 = b$ | КД |
| 17 | Обчислення $Z_H = K_H + b_2 * E_H * x_2$ | |
| 18 | Сигнал задачі Т1 про обчислення $Z_H$ | $S_{1-3}$ |

| Задача Т3 | | ТС та КД |
|---|---|---|
| 1 | Введення ME | |
| 2 | Сигнал задачам Т1, Т2, Т4 про введення ME | $S_{1,2,4-1}$ |
| 3 | Чекати на введення B, E у задачі Т1 | $W_{1-1}$ |
| 4 | Чекати на введення D, MM у задачі Т2 | $W_{2-2}$ |
| 5 | Чекати на введення C, Z, x у задачі Т4 | $W_{4-3}$ |
| 6 | Копіювати $x_3 = x$ | КД |
| 7 | Копіювати $ME_3 = ME$ | КД |
| 8 | Копіювати $D_3 = D$ | КД |
| 9 | Обчислення $b_3 = B_H * C_H$ | |
| 10 | Обчислення $b = b + b_3$ | КД |
| 11 | Обчислення $K_H = sort(D_3 * (ME_3 * MM_H))$ | |
| 12 | Сигнал задачі Т1 про обчислення $K_H$ | $S_{1-2}$ |
| 13 | Чекати на завершення обчислень K у Т1 | $W_{1-4}$ |
| 14 | Копіювати $b_3 = b$ | КД |
| 15 | Обчислення $Z_H = K_H + b_3 * E_H * x_3$ | |
| 16 | Сигнал задачі Т1 про обчислення $Z_H$ | $S_{1-3}$ |

| Задача Т4 | | ТС та КД |
|---|---|---|
| 1 | Введення C, x | |
| 2 | Сигнал задачам Т1, Т2, Т3 про введення C, x | $S_{1,2,3-1}$ |
| 3 | Чекати на введення B, E у задачі Т1 | $W_{1-1}$ |
| 4 | Чекати на введення D, MM у задачі Т2 | $W_{2-2}$ |
| 5 | Чекати на введення ME у задачі Т3 | $W_{3-3}$ |
| 6 | Копіювати $x_4 = x$ | КД |
| 7 | Копіювати $ME_4 = ME$ | КД |
| 8 | Копіювати $D_4 = D$ | КД |
| 9 | Обчислення $b_4 = B_H * C_H$ | |
| 10 | Обчислення $b = b + b_4$ | КД |
| 11 | Обчислення $K_H = sort(D_4 * (ME_4 * MM_H))$ | |
| 12 | Сигнал задачі Т2 про обчислення $K_H$ | $S_{2-2}$ |
| 13 | Чекати на завершення обчислень K у Т1 | $W_{1-4}$ |
| 14 | Копіювати $b_4 = b$ | КД |

| | | |
|---|---|---|
| 15 | Обчислення $Z_H = K_H + b_4 * E_H * x_4$ | |
| 16 | Сигнал задачі T1 про обчислення $Z_H$ | $S_{1-3}$ |

**Етап 3. Розроблення структурної схеми взаємодії задач**

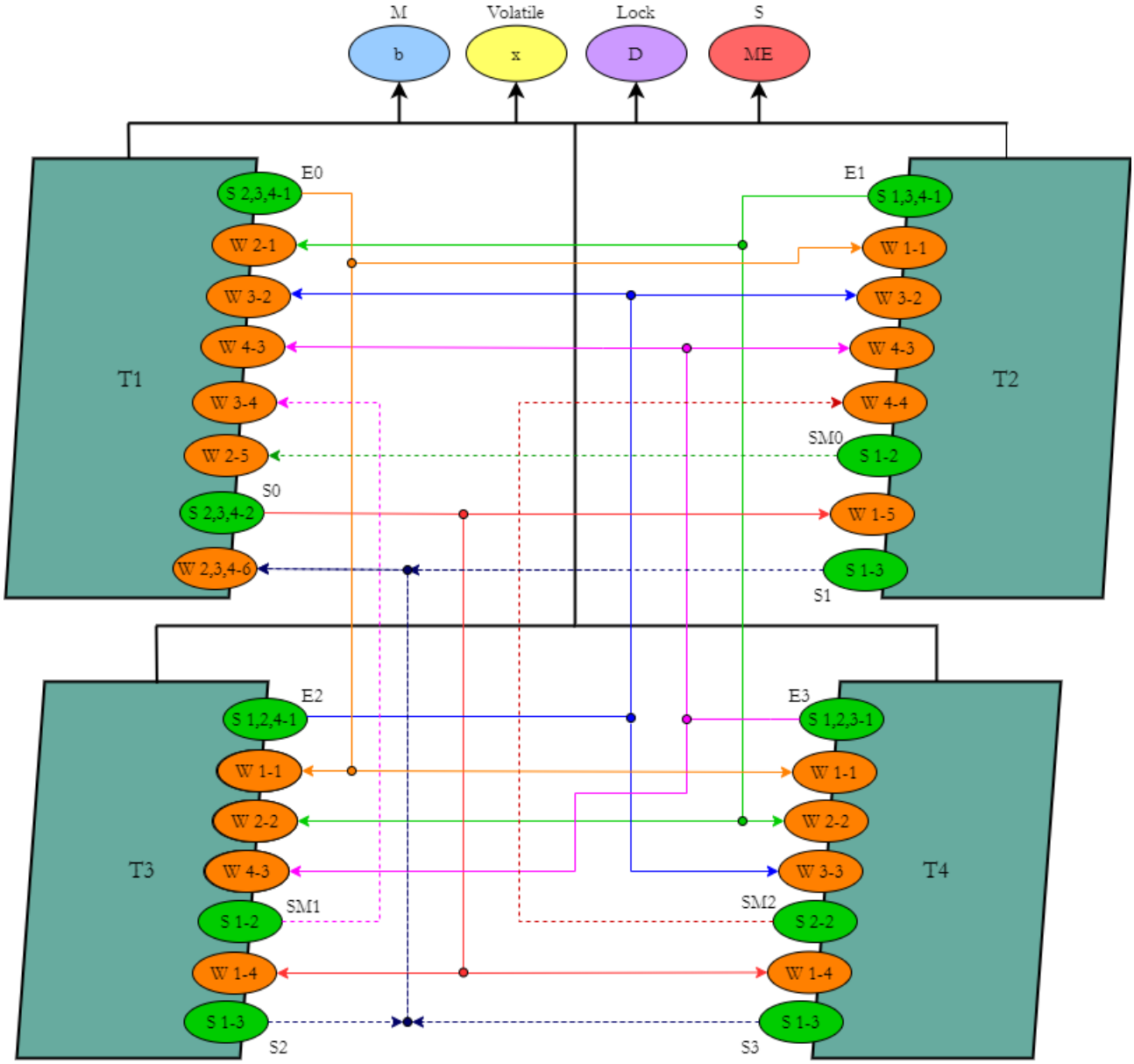
Умовні позначення на структурній схемі:

- *M* – мютекс для доступу до спільного ресурсу b;
- *volatile* – ключове слово для доступу до спільного ресурсу x;
- *Lock* – замок для доступу до спільного ресурсу D;
- *ME* – семафор для доступу до спільного ресурсу ME;

- *E0* – подія для синхронізації із завершенням вводу в T1;
- *E1* – подія для синхронізації із завершенням вводу в T2;
- *E2* – подія для синхронізації із завершенням вводу в T3;
- *E3* – подія для синхронізації із завершенням вводу в T4;

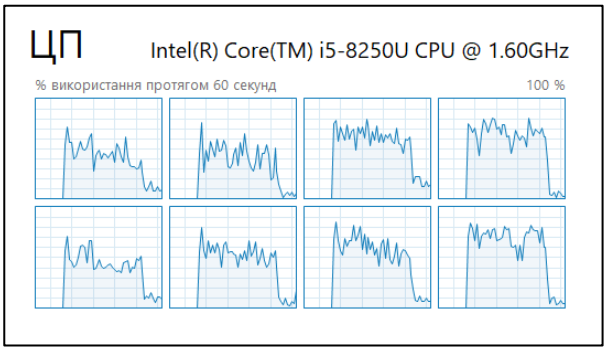
- S0 – семафор для синхронізації із завершенням злиття K у задачі T1;
- S1 – семафор для синхронізації завершення обчислень $Z_H$ у задачі T2;
- S2 – семафор для синхронізації завершення обчислень $Z_H$ у задачі T3;
- S3 – семафор для синхронізації завершення обчислень $Z_H$ у задачі T4;

- SM0 – семафор для синхронізації завершення злиття $K_{2H}$ у задачі T2;
- SM1 – семафор для синхронізації завершення сортування $K_H$ у задачі T3;
- SM2 – семафор для синхронізації завершення сортування $K_H$ у задачі T4.




## Етап 4. Розробка програми

### Результат роботи

## Висновки

1. На основі засобів мови C# було розроблено програму та паралельний алгоритм для рішення математичної задачі заданої за варіантом.

2. Було описано алгоритм кожного потоку (T1 – T4) з визначенням критичних ділянок (КД) та точок синхронізації (Wij , Sij);

3. Розроблено структурну схему взаємодії задач, де було застосовано всі вказані в завданні засоби взаємодії процесів. Для доступу до спільного ресурсу використовувався семафор, критична ділянки, volatile-змінна та мютекс, для синхронізації обчислень – бінарні семафори, а для синхронізації потоків – події.

4. Було перевірено працездатність програми, а також проконтрольовано завантаження ядер процесору за допомогою Диспетчеру задач. Програма забезпечує 80% завантаженості.

## Лістинг коду

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading;

/*-------------------------------------------------------
 |                      Labwork #2                      |
 |                    PKS SP in C#                      |
 -------------------------------------------------------
 |  Author  |       Jack (Yevhenii) Shendrikov          |
 |  Group   |                IO-82                      |
 |  Variant |                 #30                       |
 |  Date    |             23.02.2021                    |
 -------------------------------------------------------
 | Function |     Z = sort(D*(ME*MM)) + (B*C)*E*x       |
 -------------------------------------------------------
 */

namespace Lab2
{
    class Program : Operations
    {
        public const int N = 100;
        public const int P = 4;
        public const int H = N / P;

        public static Semaphore S0;
        public static Semaphore S1;
        public static Semaphore S2;
        public static Semaphore S3;
```

```
32.
33.         public static Semaphore SM0;
34.         public static Semaphore SM1;
35.         public static Semaphore SM2;
36.
37.         public static EventWaitHandle E0;
38.         public static EventWaitHandle E1;
39.         public static EventWaitHandle E2;
40.         public static EventWaitHandle E3;
41.
42.         public static volatile int x;
43.         public static Mutex mutex_b = new Mutex(false);
44.         public static object lockD = new object();
45.         public static Semaphore S_ME = new Semaphore(1, 1);
46.
47.         public static int b = 0;
48.
49.         public static Vector B = new Vector(N);
50.         public static Vector C = new Vector(N);
51.         public static Vector D = new Vector(N);
52.         public static Vector E = new Vector(N);
53.         public static Vector K = new Vector(N);
54.         public static Vector Z = new Vector(N);
55.
56.         public static Matrix ME = new Matrix(N);
57.         public static Matrix MM = new Matrix(N);
58.
59.
60.         /******************************** Задача T1
********************************/
61.         public static void T1() {
62.             Console.WriteLine("T1 started.");
63.
64.             // 1 - Введення B, E
65.             B = inputVector(N, 1);
66.             E = inputVector(N, 1);
67.
68.             // 2 - Сигнал задачам T2, T3, T4 про введення B, E
69.             E0.Set();
70.
71.             // 3 - Чекати на введення D, MM у задачі T2
72.             E1.WaitOne();
73.
74.             // 4 - Чекати на введення ME у задачі T3
75.             E2.WaitOne();
76.
77.             // 5 - Чекати на введення C, Z, x у задачі T4
78.             E3.WaitOne();
79.
80.             // 6 - Копіювати x1 = x
81.             int x1 = x;
82.
83.             // 7 - Копіювати ME1 = ME
84.             Matrix ME1 = new Matrix(N);
```

```
85.
86.             S_ME.WaitOne();
87.             ME1 = ME;
88.             S_ME.Release();
89.
90.             // 8 - Копіювати D1 = D
91.             Vector D1 = new Vector(N);
92.             lock (lockD) {
93.                 D1 = D;
94.             }
95.
96.             // 9 - Обчислення b1 = BH * CH
97.             int b1 = mult(B, C, 0, H);
98.
99.             // 10 - Обчислення b = b + b1
100.             mutex_b.WaitOne();
101.             b += b1;
102.             mutex_b.ReleaseMutex();
103.
104.             // 11 - Обчислення KH = sort(D1 * (ME1 * MMH))
105.             K = mult(D1, mult(ME1, MM, 0, H), 0, H);
106.             Vector buf = new Vector(H);
107.             buf = sort(K, 0, H);
108.             for (int i = 0; i < H; i++)
109.                 K.set(i, buf.get(i));
110.
111.             // 12 - Чекати на завершення обчислень KH у T3
112.             SM1.WaitOne();
113.
114.             // 13 - Злиття K2H = mergesort(KH, KH)
115.             mergeSort(K, 0, 2 * H);
116.
117.             // 14 - Чекати на завершення обчислень K2H у T2
118.             SM0.WaitOne();
119.
120.             // 15 - Обчислення K = mergesort(K2H, K2H)
121.             mergeSort(K, 0, N);
122.
123.             // 16 - Сигнал задачам T2, T3, T4 про обчислення K
124.             S0.Release();
125.
126.             // 17 - Копіювати b1 = b
127.             mutex_b.WaitOne();
128.             b1 = b;
129.             mutex_b.ReleaseMutex();
130.
131.             // 18 - Обчислення ZH = KH + b1 * EH * x1
132.             buf = add(K, mult(b1, mult(x1, E, 0, H), 0, H), 0, H);
133.             for (int i = 0; i < H; i++)
134.                 Z.set(i, buf.get(i));
135.
136.             // 19 - Чекати на завершення обчислень ZH в T2, T3, T4
137.             S1.WaitOne();
138.             S2.WaitOne();
```

```
139.             S3.WaitOne();
140.
141.             // 20 - Виведення результату Z
142.             outputVector(Z);
143.
144.             Console.WriteLine("T1 finished.");
145.         }
146.
147.         /******************************** Задача T2
********************************/
148.         public static void T2() {
149.             Console.WriteLine("T2 started.");
150.
151.             // 1 - Введення D, MM
152.             D = inputVector(N, 1);
153.             MM = inputMatrix(N, 1);
154.
155.             // 2 - Сигнал задачам T1, T3, T4 про введення D, MM
156.             E1.Set();
157.
158.             // 3 - Чекати на введення B, E у задачі T1
159.             E0.WaitOne();
160.
161.             // 4 - Чекати на введення ME у задачі T3
162.             E2.WaitOne();
163.
164.             // 5 - Чекати на введення C, Z, x у задачі T4
165.             E3.WaitOne();
166.
167.             // 6 - Копіювати x2 = x
168.             int x2 = x;
169.
170.             // 7 - Копіювати ME2 = ME
171.             Matrix ME2 = new Matrix(N);
172.
173.             S_ME.WaitOne();
174.             ME2 = ME;
175.             S_ME.Release();
176.
177.             // 8 - Копіювати D2 = D
178.             Vector D2 = new Vector(N);
179.             lock (lockD) {
180.                 D2 = D;
181.             }
182.
183.             // 9 - Обчислення b2 = BH * CH
184.             int b2 = mult(B, C, H, 2*H);
185.
186.             // 10 - Обчислення b = b + b2
187.             mutex_b.WaitOne();
188.             b += b2;
189.             mutex_b.ReleaseMutex();
190.
191.             // 11 - Обчислення KH = sort(D2 * (ME2 * MMH))
```

```
192.             K = mult(D2, mult(ME2, MM, H, 2 * H), H, 2 * H);
193.             Vector buf = new Vector(H);
194.             buf = sort(K, H, 2 * H);
195.             for (int i = H; i < 2 * H; i++)
196.                 K.set(i, buf.get(i));
197.
198.             // 12 - Чекати на завершення обчислень KH у T4
199.             SM2.WaitOne();
200.
201.             // 13 - Обчислення K2H = mergesort(KH, KH)
202.             mergeSort(K, 2 * H, N);
203.
204.             // 14 - Сигнал задачі T1 про обчислення K2H
205.             SM0.Release();
206.
207.             // 15 - Чекати на завершення обчислень K у T1
208.             S0.WaitOne();
209.
210.             // 16 - Копіювати b2 = b
211.             mutex_b.WaitOne();
212.             b2 = b;
213.             mutex_b.ReleaseMutex();
214.
215.             // 17 - Обчислення ZH = KH + b2 * EH * x2
216.             buf = add(K, mult(b2, mult(x2, E, H, 2 * H), H, 2 * H), H, 2 *
H);
217.             for (int i = H; i < 2 * H; i++)
218.                 Z.set(i, buf.get(i));
219.
220.             // 18 - Сигнал задачі T1 про обчислення ZH
221.             S1.Release();
222.
223.             Console.WriteLine("T2 finished.");
224.         }
225.
226.         /******************************** Задача T3
********************************/
227.         public static void T3() {
228.             Console.WriteLine("T3 started.");
229.
230.             // 1 - Введення ME
231.             ME = inputMatrix(N, 1);
232.
233.             // 2 - Сигнал задачам T1, T2, T4 про введення ME
234.             E2.Set();
235.
236.             // 3 - Чекати на введення B, E у задачі T1
237.             E0.WaitOne();
238.
239.             // 4 - Чекати на введення D, MM у задачі T2
240.             E1.WaitOne();
241.
242.             // 5 - Чекати на введення C, Z, x у задачі T4
243.             E3.WaitOne();
```

```
244.
245.             // 6 - Копіювати x3 = x
246.             int x3 = x;
247.
248.             // 7 - Копіювати ME3 = ME
249.             Matrix ME3 = new Matrix(N);
250.
251.             S_ME.WaitOne();
252.             ME3 = ME;
253.             S_ME.Release();
254.
255.             // 8 - Копіювати D3 = D
256.             Vector D3 = new Vector(N);
257.             lock (lockD) {
258.                 D3 = D;
259.             }
260.
261.             // 9 - Обчислення b3 = BH * CH
262.             int b3 = mult(B, C, 2 * H, 3 * H);
263.
264.             // 10 - Обчислення b = b + b3
265.             mutex_b.WaitOne();
266.             b += b3;
267.             mutex_b.ReleaseMutex();
268.
269.             // 11 - Обчислення KH = sort(D3 * (ME3 * MMH))
270.             K = mult(D3, mult(ME3, MM, 2 * H, 3 * H), 2 * H, 3 * H);
271.             Vector buf = new Vector(H);
272.             buf = sort(K, 2 * H, 3 * H);
273.             for (int i = 2 * H; i < 3 * H; i++)
274.                 K.set(i, buf.get(i));
275.
276.             // 12 - Сигнал задачі T1 про обчислення KH
277.             SM1.Release();
278.
279.             // 13 - Чекати на завершення обчислень K у T1
280.             S0.WaitOne();
281.
282.             // 14 - Копіювати b3 = b
283.             mutex_b.WaitOne();
284.             b3 = b;
285.             mutex_b.ReleaseMutex();
286.
287.             // 15 - Обчислення ZH = KH + b3 * EH * x3
288.             buf = add(K, mult(b3, mult(x3, E, 2 * H, 3 * H), 2 * H, 3 *
H), 2 * H, 3 * H);
289.             for (int i = 2 * H; i < 3 * H; i++)
290.                 Z.set(i, buf.get(i));
291.
292.             // 16 - Сигнал задачі T1 про обчислення ZH
293.             S2.Release();
294.
295.             Console.WriteLine("T3 finished.");
296.         }
```

```
297.
298.         /******************************** Задача T4
*********************************/
299.         public static void T4() {
300.             Console.WriteLine("T4 started.");
301.             // 1 - Введення C, x
302.             C = inputVector(N, 1);
303.             x = 1;
304.
305.             // 2 - Сигнал задачам T1, T2, T4 про введення ME
306.             E3.Set();
307.
308.             // 3 - Чекати на введення B, E у задачі T1
309.             E0.WaitOne();
310.
311.             // 4 - Чекати на введення D, MM у задачі T2
312.             E1.WaitOne();
313.
314.             // 5 - Чекати на введення ME у задачі T3
315.             E2.WaitOne();
316.
317.             // 6 - Копіювати x4 = x
318.             int x4 = x;
319.
320.             // 7 - Копіювати ME4 = ME
321.             Matrix ME4 = new Matrix(N);
322.
323.             S_ME.WaitOne();
324.             ME4 = ME;
325.             S_ME.Release();
326.
327.             // 8 - Копіювати D4 = D
328.             Vector D4 = new Vector(N);
329.             lock (lockD) {
330.                 D4 = D;
331.             }
332.
333.             // 9 - Обчислення b4 = BH * CH
334.             int b4 = mult(B, C, 3 * H, 4 * H);
335.
336.             // 10 - Обчислення b = b + b4
337.             mutex_b.WaitOne();
338.             b += b4;
339.             mutex_b.ReleaseMutex();
340.
341.             // 11 - Обчислення KH = sort(D4 * (ME4 * MMH))
342.             K = mult(D4, mult(ME4, MM, 3 * H, 4 * H), 3 * H, 4 * H);
343.             Vector buf = new Vector(H);
344.             buf = sort(K, 3 * H, 4 * H);
345.             for (int i = 3 * H; i < 4 * H; i++)
346.                 K.set(i, buf.get(i));
347.
348.             // 12 - Сигнал задачі T2 про обчислення KH
349.             SM2.Release();
```

```
350.
351.             // 13 - Чекати на завершення обчислень K у T1
352.             S0.WaitOne();
353.
354.             // 14 - Копіювати b4 = b
355.             mutex_b.WaitOne();
356.             b4 = b;
357.             mutex_b.ReleaseMutex();
358.
359.             // 15 - Обчислення ZH = KH + b4 * EH * x4
360.             buf = add(K, mult(b4, mult(x4, E, 3 * H, 4 * H), 3 * H, 4 *
H), 3 * H, 4 * H);
361.             for (int i = 3 * H; i < 4 * H; i++)
362.                 Z.set(i, buf.get(i));
363.
364.             // 16 - Сигнал задачі T1 про обчислення ZH
365.             S3.Release();
366.
367.             Console.WriteLine("T4 finished.");
368.         }
369.
371.         static void Main(string[] args) {
372.             System.Console.WriteLine("Lab 2 started!\n");
373.
374.             S0 = new Semaphore(0, 1);
375.             S1 = new Semaphore(0, 1);
376.             S2 = new Semaphore(0, 1);
377.             S3 = new Semaphore(0, 1);
378.
379.             SM0 = new Semaphore(0, 1);
380.             SM1 = new Semaphore(0, 1);
381.             SM2 = new Semaphore(0, 1);
382.
383.             E0 = new EventWaitHandle(false, EventResetMode.ManualReset);
384.             E1 = new EventWaitHandle(false, EventResetMode.ManualReset);
385.             E2 = new EventWaitHandle(false, EventResetMode.ManualReset);
386.             E3 = new EventWaitHandle(false, EventResetMode.ManualReset);
387.
388.             Thread t1 = new Thread(T1);
389.             Thread t2 = new Thread(T2);
390.             Thread t3 = new Thread(T3);
391.             Thread t4 = new Thread(T4);
392.
393.             t1.Start();
394.             t2.Start();
395.             t3.Start();
396.             t4.Start();
397.             t1.Join();
398.
399.             System.Console.WriteLine("\nLab 2 finished!\n");
400.             Console.ReadKey();
401.         }
402.     }
403. }
```

Додаткові файли

**Operations.cs**

```
1. using System;
2. using System.Collections.Generic;
3. using System.Linq;
4. using System.Text;
5. using System.Threading.Tasks;
6. /*-------------------------------------------------------
7.  |                      Labwork #2                      |
8.  |                    PKS SP in C#                      |
9.  -------------------------------------------------------
10.  |  Author  |       Jack (Yevhenii) Shendrikov         |
11.  |  Group   |                IO-82                     |
12.  |  Variant |                 #30                      |
13.  |  Date    |             23.02.2021                   |
14.  -------------------------------------------------------
15.  | Function |     Z = sort(D*(ME*MM)) + (B*C)*E*x      |
16.  -------------------------------------------------------
17.  */
18.
19. namespace Lab2
20. {
21.     class Operations
22.     {
23.
24.         public static Vector inputVector(int n, int value)
25.         {
26.             Vector vector = new Vector(n);
27.             for (int i = 0; i < n; i++)
28.             {
29.                 vector.set(i, value);
30.             }
31.             return vector;
32.         }
33.
34.         public static void outputVector(Vector vector)
35.         {
36.             if (vector.size() < 9)
37.             {
38.                 Console.WriteLine(vector.toString());
39.             }
40.
41.         }
42.
43.         public static Vector mult(Vector left, Matrix right, int l, int r)
44.         {
45.             Vector result = new Vector(left.size());
46.             for (int i = l; i < r; i++)
```

```
47.             {
48.                 result.set(i, 0);
49.                 for (int j = 0; j < left.size(); j++)
50.                 {
51.                     result.set(i, result.get(i) + left.get(j) *
right.get(j, i));
52.                 }
53.             }
54.             return result;
55.         }
56.
57.         public static Vector mult(int value, Vector vect, int l, int r)
58.         {
59.             Vector result = new Vector(vect.size());
60.             for (int i = l; i < r; i++)
61.             {
62.                 result.set(i, value * vect.get(i));
63.             }
64.             return result;
65.         }
66.
67.         public static int mult(Vector vect1, Vector vect2, int l, int r)
68.         {
69.             int result = 0;
70.             for (int i = l; i < r; i++)
71.                 result += vect1.get(i) * vect2.get(i);
72.             return result;
73.         }
74.
75.         public static Matrix inputMatrix(int n, int value)
76.         {
77.             Matrix matrix = new Matrix(n);
78.             for (int i = 0; i < n; i++)
79.             {
80.                 for (int j = 0; j < n; j++)
81.                 {
82.                     matrix.set(i, j, value);
83.                 }
84.             }
85.             return matrix;
86.         }
87.
88.         public static void outputMatrix(Matrix matrix)
89.         {
90.             if (matrix.size() < 9)
91.             {
92.                 Console.WriteLine(matrix.toString());
93.             }
94.
95.         }
96.
97.
98.         public static Matrix mult(Matrix left, Matrix right, int l, int r)
99.         {
```

```
100.            Matrix result = new Matrix(left.size());
101.            for (int i = 0; i < left.size(); i++)
102.            {
103.                for (int j = l; j < r; j++)
104.                {
105.                    result.set(i, j, 0);
106.                    for (int k = 0; k < left.size(); k++)
107.                    {
108.                        result.set(i, j, result.get(i, j) + left.get(i, k)
109.                                * right.get(k, j));
110.                    }
111.                }
112.            }
113.            return result;
114.        }
115.
116.        public static Vector add(Vector left, Vector right, int l, int r)
117.        {
118.            Vector result = new Vector(left.size());
119.            for (int i = l; i < r; i++)
120.            {
121.                result.set(i, left.get(i) + right.get(i));
122.            }
123.            return result;
124.        }
125.
126.        public static Vector sort(Vector vector, int l, int r)
127.        {
128.            int tmp = vector.get(0);
129.            Vector res;
130.            res = vector;
131.
132.            for (int i = l; i < r; i++)
133.            {
134.                for (int k = i + 1; k < r; k++)
135.                {
136.                    if (res.get(i) > res.get(k))
137.                    {
138.                        tmp = res.get(k);
139.                        res.set(k, res.get(i));
140.                        res.set(i, tmp);
141.                    }
142.                }
143.            }
144.
145.            return res;
146.        }
147.
148.        private static int[] merge(int[] left, int[] right)
149.        {
150.            int a = 0, b = 0;
151.            int[] merged = new int[left.Length + right.Length];
152.            for (Int32 i = 0; i < left.Length + right.Length; i++)
153.            {
```

```
                if (b < right.Length && a < left.Length)
                    if (left[a] > right[b] && b < right.Length)
                        merged[i] = right[b++];
                    else
                        merged[i] = left[a++];
                else
                    if (b < right.Length)
                    merged[i] = right[b++];
                else
                    merged[i] = left[a++];
            }
            return merged;
        }

        public static void mergeSort(Vector vector, int l, int r)
        {
            if (vector.size() == 1)
                return;
            int mid = (r - l) / 2;
            int[] merged = new int[r - l];
            int[] array1 = new int[mid];
            int[] array2 = new int[mid];
            for (int i = 0; i < r - l; i++)
            {
                if (i < mid)
                    array1[i] = vector.get(i + l);
                else
                    array2[i - mid] = vector.get(i + l);
            }
            merged = merge(array1, array2);
            for (int i = l; i < r; i++)
                vector.set(i, merged[i - l]);
        }


    }
}
```

## Matrix.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

/*-----------------------------------------------------
 |                     Labwork #2                     |
 |                   PKS SP in C#                     |
  -----------------------------------------------------
 |  Author  |       Jack (Yevhenii) Shendrikov        |
 |  Group   |                IO-82                    |
 |  Variant |                 #30                     |
```

```
14.  |  Date    |             23.02.2021                  |
15.  ---------------------------------------------------------
16.  | Function |     Z = sort(D*(ME*MM)) + (B*C)*E*x     |
17.  ---------------------------------------------------------
18.  */
19.
20. namespace Lab2
21. {
22.     class Matrix
23.     {
24.         private Vector[] vector;
25.
26.         public Matrix(int n)
27.         {
28.             vector = new Vector[n];
29.             for (int i = 0; i < vector.Length; i++)
30.             {
31.                 vector[i] = new Vector(n);
32.             }
33.         }
34.
35.         public void set(int n, int m, int val)
36.         {
37.             vector[n].set(m, val);
38.         }
39.
40.         public int get(int n, int m)
41.         {
42.             return vector[n].get(m);
43.         }
44.
45.         public Vector get(int index)
46.         {
47.             return vector[index];
48.         }
49.
50.         public int size()
51.         {
52.             return vector.Length;
53.         }
54.
55.         public String toString()
56.         {
57.             String res = "";
58.             for (int i = 0; i < vector.Length; i++)
59.             {
60.                 res += vector[i].toString();
61.                 if (i != vector.Length - 1)
62.                 {
63.                     res += "\n";
64.                 }
65.             }
66.             return res;
67.         }
```

```
68.
69.
70.     }
71. }
72.
```

## Vector.cs

```
1. using System;
2. using System.Collections.Generic;
3. using System.Linq;
4. using System.Text;
5. using System.Threading.Tasks;
6. /*--------------------------------------------------------
7.  |                      Labwork #2                       |
8.  |                    PKS SP in C#                       |
9.  --------------------------------------------------------
10.  |  Author  |       Jack (Yevhenii) Shendrikov          |
11.  |  Group   |                IO-82                      |
12.  |  Variant |                 #30                       |
13.  |  Date    |             23.02.2021                    |
14.  --------------------------------------------------------
15.  | Function |     Z = sort(D*(ME*MM)) + (B*C)*E*x       |
16.  --------------------------------------------------------
17.  */
18.
19. namespace Lab2
20. {
21.     class Vector
22.     {
23.         private int[] array;
24.
25.         public Vector(int n)
26.         {
27.             array = new int[n];
28.         }
29.
30.         public void set(int index, int value)
31.         {
32.             array[index] = value;
33.         }
34.
35.         public int get(int index)
36.         {
37.             return array[index];
38.         }
39.
40.         public int size()
41.         {
42.             return array.Length;
43.         }
44.
45.         public String toString()
46.         {
```

```
47.             String res = "";
48.             for (int i = 0; i < array.Length; i++)
49.             {
50.                 res += "   " + array[i];
51.             }
52.             return res;
53.         }
54.
55.
56.     }
57. }
58.
```