НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. СІКОРСЬКОГО»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра автоматики та управління в технічних системах

Лабораторна робота №2

із дисципліни «Технології паралельних та розподілених обчислень»

на тему «Розробка паралельних алгоритмів множення матриць та дослідження їх ефективності»

Підготував:

Студент ФІОТ, гр. ІТ-83,

Троян О.С.

Перевірив:

пос. Дифучина О. Ю.

Київ 2020

Мета роботи: Створити паралельні алгоритми множення матриць та дослідити їх ефективність

1. Реалізуйте стрічковий алгоритм множення матриць. Результат множення записуйте в об’єкт класу Result. 30 балів.
2. Реалізуйте алгоритм Фокса множення матриць. 30 балів.
3. Виконайте експерименти, варіюючи розмірність матриць, які перемножуються, для обох алгоритмів, та реєструючи час виконання алгоритму. Порівняйте результати дослідження ефективності обох алгоритмів. 20 балів.
4. Виконайте експерименти, варіюючи кількість потоків, що використовується для паралельного множення матриць, та реєструючи час виконання. Порівняйте результати дослідження ефективності обох алгоритмів. 20 балів.

Хід роботи

1. Стрічковий алгоритм - кожний процес розраховує рядок результуючої матриці, кожна ітерація – один елемент рядка результуючої матриці

   Ініціалізуємо потоки даними для розрахунку (рядки)

```
private void prepareWorkers(){
    for (int i = 0; i < result.getMatrix().length; i++) {
        workers.add(new TapeWorker(i, i, first, second, result.getMatrix()));
    }
}
```

```
public TapeWorker(int row, int column, int[][] first, int[][] second, int[][] result) {
    this.row = row;
    this.column = column;
    this.first = first;
    this.second = second;
    this.result = result;
}

@Override
public void run(){
    result[row][column] = multiplyRowAndColumn(row, column);
    column = (column + 1) % result[0].length;
}

private int multiplyRowAndColumn(int row, int column){
    int result = 0;
    for (int i = 0; i < first[0].length; i++) {
        result += first[row][i] * second[i][column];
    }
    return result;
}
```

   Кожен потік розраховує рядок результуючої матриці.

   Кількість процесів == кількість рядків першої матриці.

```
public int getIterationsCount(){
    return first[0].length;
}
```

```java
public class IterationsManager {
    public Result iterate(MultiplicationStrategy strategy){
        for (int i = 0; i < strategy.getIterationsCount(); i++) {
            strategy.nextIteration();
        }
        return strategy.getResult();
    }
}
```

Розрахунок (використовується обмеження кількості потоків)

```java
public void nextIteration() {
    ExecutorService executor = Executors.newFixedThreadPool(threadsCount);
    for (TapeWorker worker : workers) {
        executor.execute(worker);
    }
    executor.shutdown();
    try {
        executor.awaitTermination(Long.MAX_VALUE, TimeUnit.NANOSECONDS);
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

Резултат (час та останній рядок множення одиничних матриць 100 на 100)

```
Tape method: 822

100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
```

2. Алгоритм Фокса – вираховуємо кількість процессів залежно від порядка матриці, це повинно бути число корень якого є кратним порядку матриці. А розмір блоків які будуть розраховуватися процесами це m=n/q, де n - розмірність матриці, а q кількість процесів.

Ініціалізуємо потоки:

```java
public FoxStrategy(int[][] first, int[][] second, int threadsCount, int blockRank) {
    this.blockRank = blockRank;
    this.first = first;
    this.threadsCount = threadsCount;
    this.result = new int[first.length][second[0].length];
    horizontalBlocksCount = first[0].length / blockRank;
    verticalBlocksCount = first.length / blockRank;
    workers = new FoxWorker[verticalBlocksCount][horizontalBlocksCount];
    for (int i = 0; i < workers.length; i++) {
        for (int j = 0; j < workers[0].length; j++) {
            workers[i][j] = new FoxWorker(i, j, blockRank, first, second, result);
        }
    }
}
```

Кожен потік перемножує блоки двох основних матриць, і сумує отримані результати у відповідних блоках результуючої матриці.

```java
@Override
public void run(){
    int[][] firstBlock = getBlock(first, firstBlockRow, firstBlockColumn);
    int[][] secondBlock = getBlock(second, secondBlockRow, secondBlockColumn);

    int[][] resultBlock = InlineStrategy.multiply(firstBlock, secondBlock).getMatrix();
    applyBlockToResult(resultBlock);

    firstBlockColumn = (firstBlockColumn + 1) % blocksCount;
    secondBlockRow = (secondBlockRow + 1) % blocksCount;
}
```

```java
private int[][] getBlock(int[][] matrix, int blockRow, int blockColumn){
    int[][] block = new int[blockRank][blockRank];
    for (int i = 0; i < blockRank; i++) {
        for (int j = 0; j < blockRank; j++) {
            block[i][j] = matrix[blockRow * blockRank + i][blockColumn * blockRank + j];
        }
    }
    return block;
}

private void applyBlockToResult(int[][] block){
    for (int i = 0; i < blockRank; i++) {
        for (int j = 0; j < blockRank; j++) {
            result[firstBlockRow * blockRank + i][secondBlockColumn * blockRank + j] += block[i][j];
        }
    }
}
```

Кількість ітерацій == кількість рядків поділена на ранг блоку

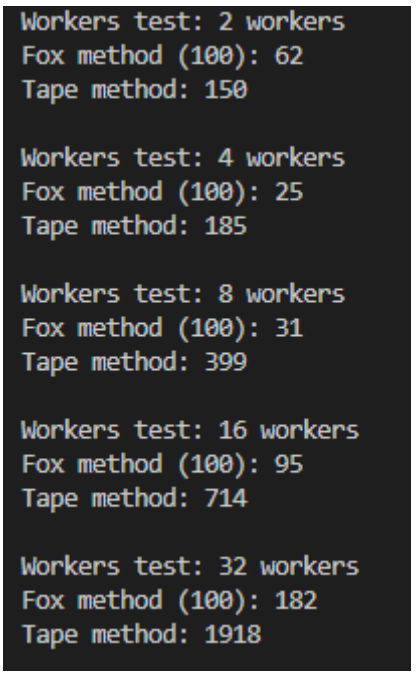
```java
@Override
public int getIterationsCount() {
    return first[0].length / blockRank;
}
```

```java
@Override
public void nextIteration() {
    ExecutorService executor = Executors.newFixedThreadPool(threadsCount);
    for (var array : workers) {
        for (FoxWorker worker : array){
            executor.execute(worker);
        }
    }
    executor.shutdown();
    try {
        executor.awaitTermination(Long.MAX_VALUE, TimeUnit.NANOSECONDS);
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

Результати

```
Fox method (100): 145
Tape method:
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
```

3. Для перевірки швидкодії з різною кількістю потоков буде використовуватись одиничні матриці 100 на 100, кількість потоків: 2, 4, 8, 16, 32



Як бачимо при використанні великої кількості потоків час виконання зменшується, так як для переключення між потоками та склеювання результатів їх виконання потрібно більше часу. Час для стрічкового алгоритму майже лінійно зростає з збільшенням кількості потоків, що більша за необхідну, у той час як час для алгоритма фокса різко зростає після проходження грані, де кількість потоків перевищує необхідну.

Алгоритм Фокса при великій кількості потоків показує значне зменшення ефективності. Я вважаю це через зменшення кількості блоків, та збільшення їх розміру.

4. Заміри часу для різних розмірностей матриці

4.1. 8 потоків

```
Size test: 100 matrix rank
Fox method: 106
Tape method: 446

Size test: 200 matrix rank
Fox method: 120
Tape method: 917

Size test: 20 matrix rank
Fox method: 7
Tape method: 90

Size test: 50 matrix rank
Fox method: 16
Tape method: 204
```

4.2. 16 потоків

```
Size test: 100 matrix rank
Fox method: 155
Tape method: 970

Size test: 200 matrix rank
Fox method: 254
Tape method: 2000

Size test: 20 matrix rank
Fox method: 4
Tape method: 155

Size test: 50 matrix rank
Fox method: 37
Tape method: 389
```

4.3. 2 потоки

```
Size test: 100 matrix rank
Fox method: 50
Tape method: 125

Size test: 200 matrix rank
Fox method: 73
Tape method: 335

Size test: 20 matrix rank
Fox method: 4
Tape method: 41

Size test: 50 matrix rank
Fox method: 9
Tape method: 158
```

З результатів видно, що чем більшої розмірності матриця тим ефективніший алгоритм фокса, для матриць малої розмірності ефективніший стрічковий алгоритм за умови використання оптимального розміру пулу потоків.

Висновок: Під час виконання лабораторної роботи ми створили паралельні алгоритми множення матриць та дослідили їх ефективність