

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
“Белорусский государственный университет  
информатики и радиозлектроники”  
Факультет информационных технологий и управления  
Кафедра интеллектуальных информационных технологий

Отчёт по лабораторной работе №2 по курсу «МРЗВИС»  
на тему «Реализация модели решения задачи  
на ОКМД архитектуре»

Выполнила  
студентка группы  
821704

Фабишевская В.Е.

Проверил

Орлова А.С.

Минск 2020

**Тема:** "Реализация модели решения задачи на ОКМД архитектуре"

**Цель:** Реализовать и исследовать модель решения на ОКМД архитектуре задачи вычисления матриц значений.

**Был выполнен вариант №3.**

**Дано:** Сгенерированные матрицы А, В, Е, G заданных размерностей  $r \times m$ ,  $m \times q$ ,  $1 \times m$ ,  $r \times q$  соответственно со значениями в рекомендуемом диапазоне  $[-1;1]$ .

$$\begin{aligned}c_{ij} &= \tilde{\wedge}_k f_{ijk} * (3 * g_{ij} - 2) * g_{ij} + \left( \tilde{\vee}_k d_{ijk} + \left( 4 * \left( \tilde{\wedge}_k f_{ijk} \tilde{\circ} \tilde{\vee}_k d_{ijk} \right) - 3 * \tilde{\vee}_k d_{ijk} \right) * g_{ij} \right) * (1 - g_{ij}) \\f_{ijk} &= (a_{ik} \tilde{\rightarrow} b_{kj}) * (2 * e_k - 1) * e_k + (b_{kj} \tilde{\rightarrow} a_{ik}) * \left( 1 + \left( 4 * (a_{ik} \tilde{\rightarrow} b_{kj}) - 2 \right) * e_k \right) * (1 - e_k) \\d_{ijk} &= a_{ik} \tilde{\wedge} b_{kj}\end{aligned}$$

с учетом того, что

$$\begin{aligned}\tilde{\wedge}_k f_{ijk} &= \prod_k f_{ijk} \\\tilde{\vee}_k d_{ijk} &= 1 - \prod_k (1 - d_{ijk}) \\\tilde{\wedge}_k f_{ijk} \tilde{\circ} \tilde{\vee}_k d_{ijk} &= \min \left( \left\{ \tilde{\wedge}_k f_{ijk} \right\} \cup \left\{ \tilde{\vee}_k d_{ijk} \right\} \right) \\a_{ik} \tilde{\rightarrow} b_{kj} &= a_{ik} * (1 - b_{kj}) + 1 \\b_{kj} \tilde{\rightarrow} a_{ik} &= b_{kj} * (1 - a_{ik}) + 1 \\a_{ik} \tilde{\wedge} b_{kj} &= a_{ik} * b_{kj}\end{aligned}$$

Обеспечить возможность параметрического задания времени счёта (длины) операций различных типов  $t_i$  (сложение, разность, произведение, деление, сравнение и др.); наборы входных данных должны генерироваться.

**Получить:** С – матрицу значений соответствующей размерности  $r \times q$ .

**Описание модели: краткое описание особенностей**

Первоначальные матрицы А, В, Е, G заданных размерностей  $r \times m$ ,  $m \times q$ ,  $1 \times m$ ,  $r \times q$  формируются при помощи генератора псевдослучайных чисел. Размерности матриц  $r$ ,  $m$ ,  $q$  вводятся пользователем. Модель использует  $n$  процессорных элементов ( $n$  задается пользователем), которые реализуют функции ввода входных значений (два операнда и знак команды), вывода результирующего значения, сложения, вычитания, умножения, минимума из двух значений. Условные времена выполнения операций сложения, вычитания, умножения, минимума из двух значений вводятся пользователем. Ввод

значений в процессорные элементы производится из управляющего модуля. Если количество процессорных элементов  $x*y \geq n > 1$ , где  $x*y$  – размерность выбранной матрицы, то каждые  $n$  элементов выбранной матрицы вычисляются параллельно. В результате работы программы на экран выводится: матрица  $C$ ; условные времена, затраченные на выполнение операций сложения, вычитания, умножения, минимума среди двух значений; итоговое условное время, затраченное на выполнение всех вышеперечисленных операций.

### Исходные данные:

$p, m, q$  – размерность матриц;

$n$  – количество процессорных элементов в системе;

$t_i$  – время (длина) выполнения  $i$  операции над элементами матриц.

Матрицы  $A, B, E, G$  заполненные случайными числами в диапазоне  $[-1;1]$ .

### Работа конвейера. Результаты счёта и времена их получения:

```
Enter p
3
Enter m
4
Enter q
5
Enter n
1
Enter time_of_sum
5
Enter time_of_difference
6
Enter time_of_multiplicity
7
Enter time_of_comparing
8
```

Пользователь определяет размерность матриц, время выполнения каждого вида операций и количество процессорных элементов

Программа генерирует числа, которыми заполняет все матрицы.

```

Matrix A
-0.997497  0.127171  -0.613392  0.617481
0.170019  -0.0402539  -0.299417  0.791925
0.64568  0.49321  -0.651784  0.717887

Matrix B
0.421003  0.0270699  -0.39201  -0.970031  -0.817194
-0.271096  -0.705374  -0.668203  0.97705  -0.108615
-0.761834  -0.990661  -0.982177  -0.24424  0.0633259
0.142369  0.203528  0.214331  -0.667531  0.32609

Matrix E
-0.0984222  -0.295755  -0.885922  0.215369

Matrix G
0.566637  0.605213  0.0397656  -0.3961  0.751946
0.453352  0.911802  0.851436  0.0787072  -0.715323
-0.0758385  -0.529344  0.724479  -0.580798  0.559313

```

Программно производится расчет искомой матрицы C:

```

Matrix C
-3.07348  -13.1532  -0.703051  3.55049  -0.662077
-2.05618  -6.77168  -8.88492  -0.642719  0.570097
3.57029  56.943  -44.9658  4.131  -1.47634

```

Вывод результат вычисления

Так же по условию задания необходимо рассчитать T1, Tn, Ky, e, Lsum, Lavg и D.

```

T1 = 13455
Tn = 13455
Ky = 1
e = 1
Lsum = 13455
Lavg = 224.25
D = 60

```

## Графики:

Обозначения:

$$K_y(n,r) = T1/Tn;$$

$$e(n,r) = K_y(n,r)/n;$$

$$D(n,r) = Lsum(n,r)/Lavg(n,r);$$

где  $K_y(n,r)$  – коэффициент ускорения;

$e(n,r)$  – эффективность;

$D(n,r)$  – коэффициент расхождения программы;

$n$  – количество процессорных элементов в системе;

$r$  – ранг задачи;

График 1. График зависимости коэффициента ускорения  $K_u$  от ранга задачи  $r$

Данный график построен на основании таблицы:

n	1	2	5	10	20
r=60	1	1,29	1,6	1,7	1,77
r=210	1	1,28	1,55	1,66	1,72
r=504	1	1,27	1,53	1,65	1,7

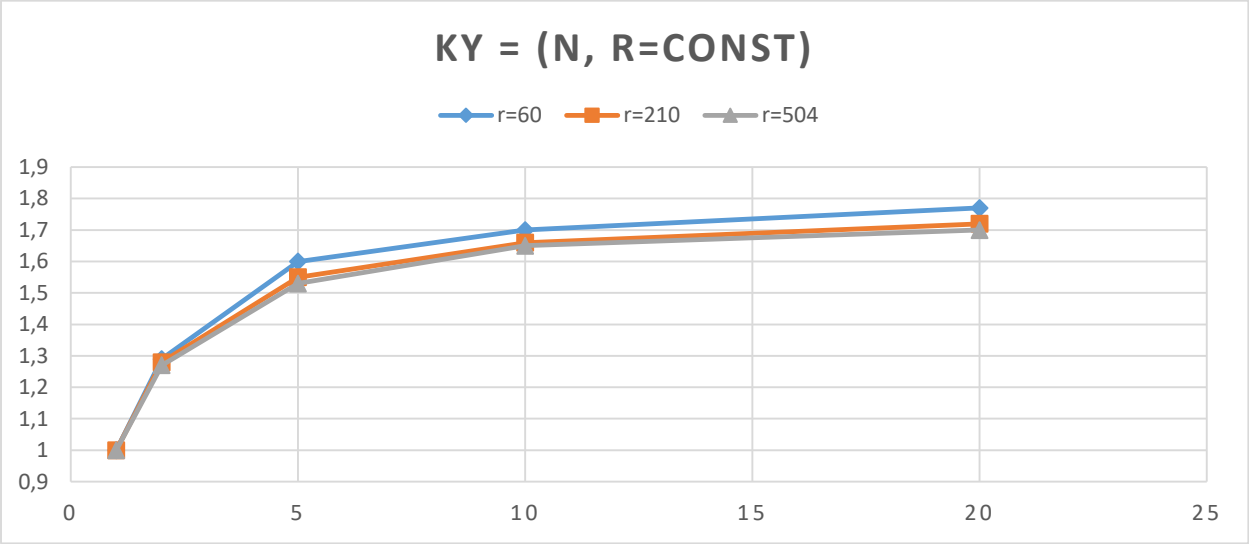
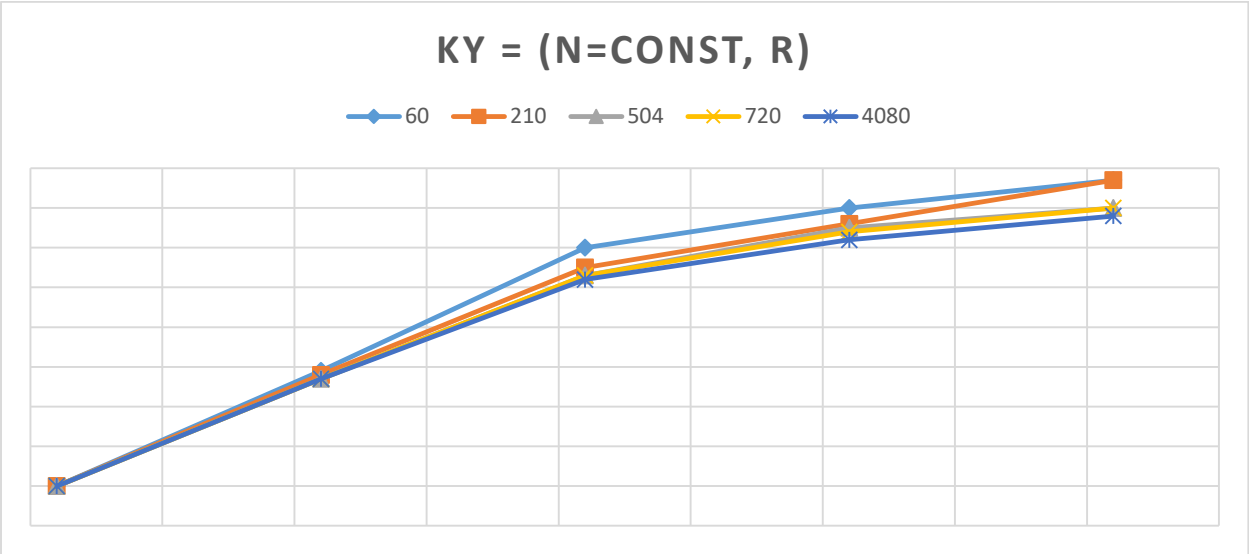


График 2. График зависимости коэффициента ускорения  $K_u$  от количества процессорных элементов  $n$

Данный график построен на основании таблицы:

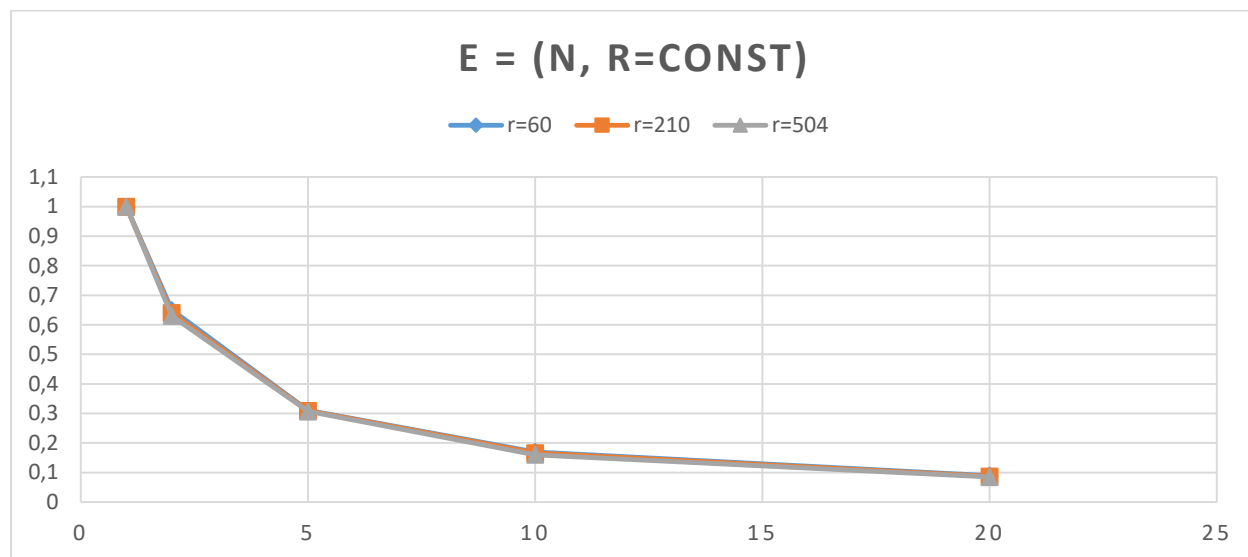
r	n=1	n=2	n=5	n=10	n=20
60	1,00	1,29	1,60	1,70	1,77
210	1,00	1,28	1,55	1,66	1,77
504	1,00	1,27	1,53	1,65	1,70
720	1,00	1,27	1,53	1,64	1,70
4080	1,00	1,27	1,52	1,62	1,68



### График 3. График зависимости эффективности $e$ ранга задачи $r$

Данный график построен на основании таблицы:

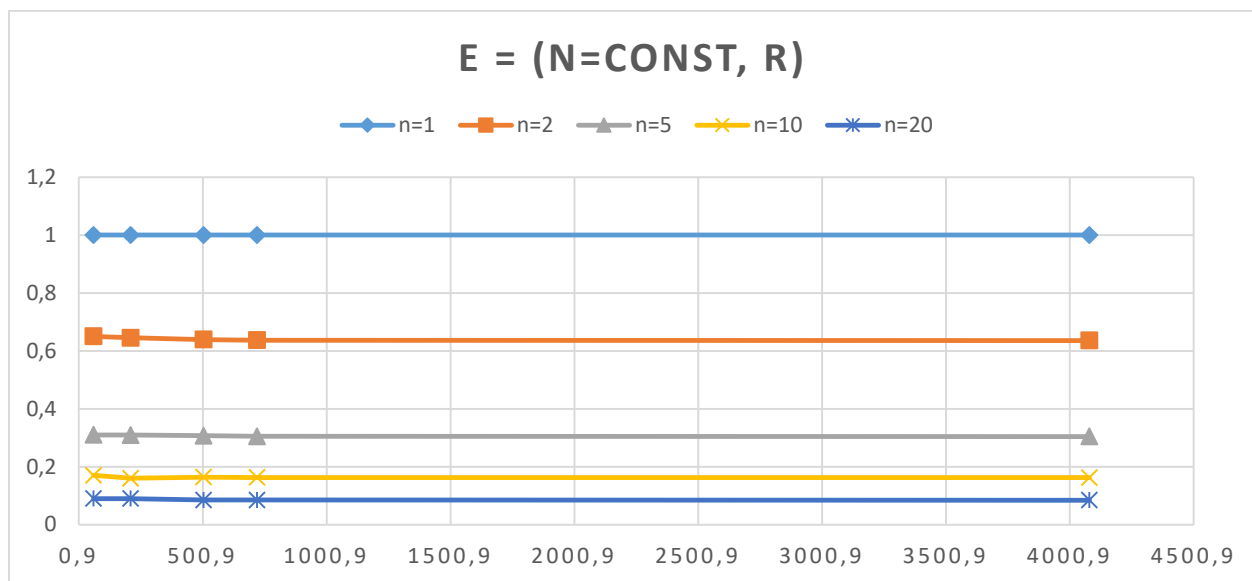
n	1	2	5	10	20
r=60	1	0,65	0,31	0,17	0,09
r=210	1	0,64	0,309	0,166	0,087
r=504	1	0,63	0,307	0,16	0,085



### График 4. График зависимости эффективности $e$ от количества процессорных элементов $n$

Данный график построен на основании таблицы:

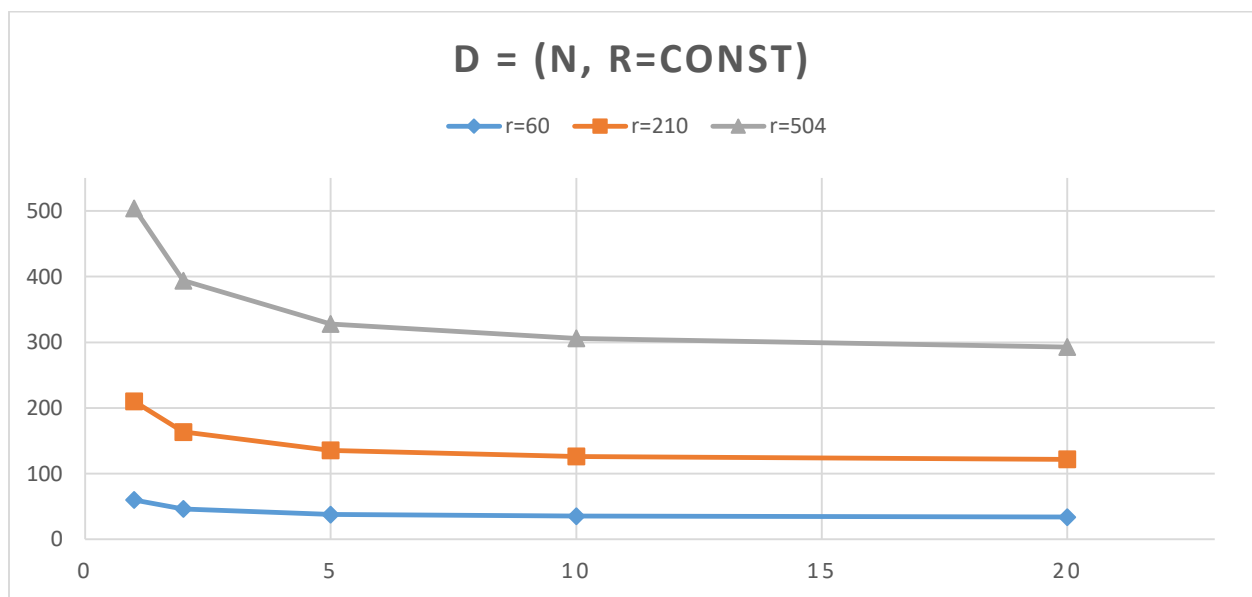
r	n=1	n=2	n=5	n=10	n=20
60	1,00	0,65	0,31	0,17	0,09
210	1,00	0,645	0,309	0,16	0,09
504	1,00	0,639	0,307	0,164	0,085
720	1,00	0,637	0,305	0,163	0,085
4080	1,00	0,636	0,304	0,162	0,0844



**График 5. График зависимости расхождения  $D$  от количества процессорных элементов  $n$**

Данный график построен на основании таблицы:

n	1	2	5	10	20
r=60	60	46,36	37,89	35,31	33,84
r=210	210	163,61	135,5	126,36	121,8
r=504	504	393,98	327,89	306,1	292,9

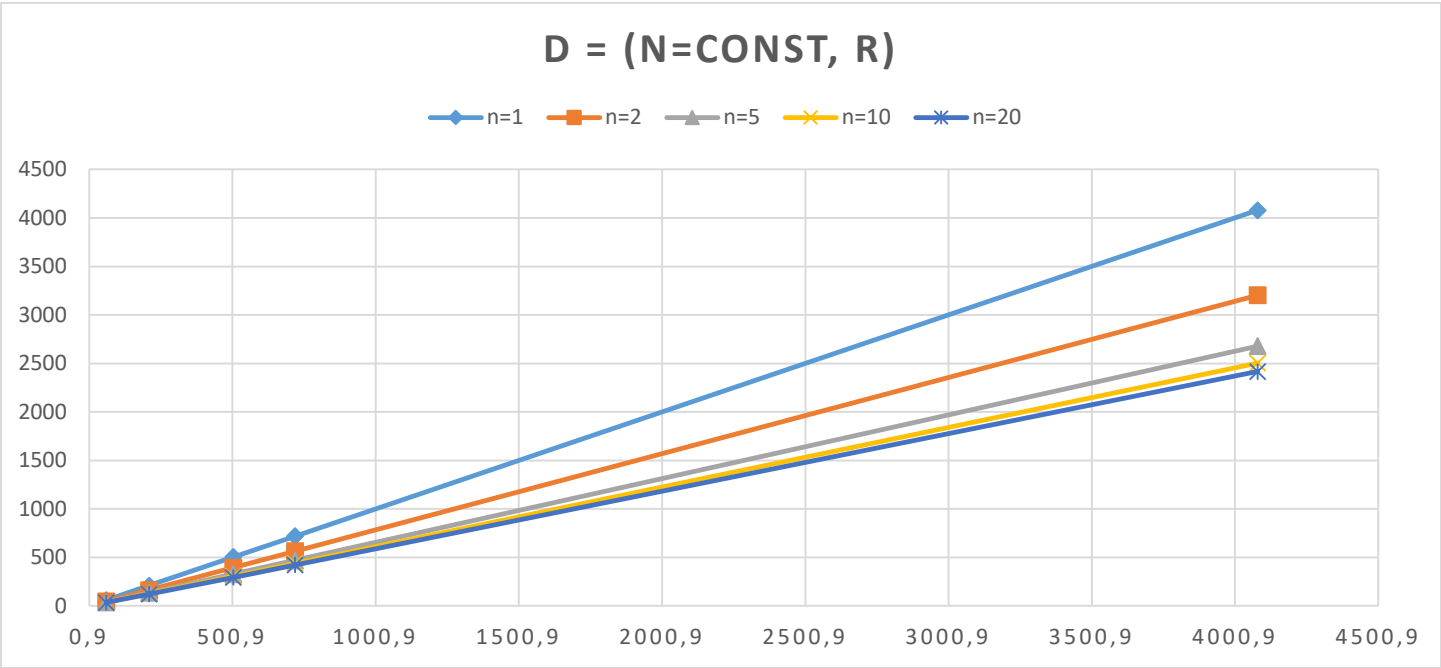


**График 6. График зависимости расхождения  $D$  от ранга задачи  $r$**

Данный график построен на основании таблицы:

r	n=1	n=2	n=5	n=10	n=20
60	60	46,36	37,89	35,31	33,84
210	210	163,61	135,5	126,36	121,8
504	504	393,98	327,89	306,1	292,9
720	720	563,53	469,64	438,35	422,7

4080	4080	3204,46	2678,83	2503,87	2416,21
------	------	---------	---------	---------	---------





## Вопросы и ответы на них:

### 1. проверить, что модель создана верно: программа работает правильно

Имеются исходные четыре матрицы. Для проверки корректности вычислений посчитаем один элемент вручную –  $C[0][0]$ .

$$d_{000} = a_{00} * b_{00} = -0,997497 * 0,421003 = -0,419949229$$

$$d_{001} = 0,127171 * (-0,271096) = -0,034475549$$

$$d_{002} = (-0,613392) * (-0,761834) = 0,467302881$$

$$d_{003} = 0,617481 * 0,142369 = 0,087910152$$

$$\begin{aligned} f_{000} &= (a_{00} * (1 - b_{00}) + 1) * (2 * e_0 - 1) * e_0 + (b_{00} * (1 - a_{00}) + 1) * (1 + (4 * (a_{00} * (1 - b_{00}) + 1) - 2) * e_0) * (1 - e_0) = (-0,997497 * (1 - 0,421003) + 1) * (2 * (-0,0984222) - 1) * (-0,0984222) + (0,421003 * (1 - (-0,997497)) + 1) * (1 + (4 * (-0,997497 * (1 - 0,421003) + 1) - 2) * (-0,0984222)) * (1 - (-0,0984222)) = \\ &= 2,133641396 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{001} &= (0,127171 * (1 - (-0,271096)) + 1) * (2 * (-0,295755) - 1) * (-0,295755) + ((-0,271096) * (1 - 0,127171) + 1) * (1 + (4 * (0,127171 * (1 - (-0,271096)) + 1) - 2) * (-0,295755)) * (1 - (-0,295755)) = 0,761685856 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{002} &= (-0,613392 * (1 - (-0,761834)) + 1) * (2 * (-0,885922) - 1) * (-0,885922) + ((-0,761834) * (1 - (-0,613392)) + 1) * (1 + (4 * ((-0,613392) * (1 - (-0,761834)) + 1) - 2) * (-0,885922)) * (1 - (-0,885922)) = -1,519538238 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{003} &= (0,617481 * (1 - 0,142369) + 1) * (2 * 0,215369 - 1) * 0,215369 + (0,142369 * (1 - 0,617481) + 1) * (1 + (4 * (0,617481 * (1 - 0,142369) + 1) - 2) * 0,215369) * (1 - 0,215369) = 1,373661995 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_{00} &= f_{000} * f_{001} * f_{002} * f_{003} * (3 * g_{00} - 2) * g_{00} + ((1 - (1 - d_{000}) * (1 - d_{001}) * (1 - d_{002}) * (1 - d_{003})) + (4 * (\min(1 - (1 - d_{000}) * (1 - d_{001}) * (1 - d_{002}) * (1 - d_{003}), f_{000} * f_{001} * f_{002} * f_{003}) - 3 * ((1 - (1 - d_{000}) * (1 - d_{001}) * (1 - d_{002}) * (1 - d_{003}))) * g_{00})) * (1 - g_{00}) = -3,07348 \end{aligned}$$

Результаты верны. Скриншоты, подтверждающие корректную работу программы, приведены выше.

### 2. объяснить на графиках точки перегиба и асимптоты

*График зависимости коэффициента ускорения от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

Асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, которая свидетельствует о том, что ранг задачи меньше или равен количеству процессорных элементов (“лишние” процессорные

элементы простаивают и не вносят вклад в ускорение вычислений). Точки перегиба соответствуют тому, что ранг задачи кратен количеству процессорных элементов (задействованы все процессорные элементы).

*График зависимости коэффициента ускорения от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

Асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, которая ограничивает сверху значения коэффициента ускорения. Это обусловлено тем, что вычислительная система, базирующаяся на ОКМД-архитектуре может производить вычисления не более чем в  $n$  (количество процессорных элементов) раз быстрее по сравнению с последовательной вычислительной системой. Еще одной асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, ограничивающая значение эффективности снизу. Значение эффективности для вычислительной системы с числом процессорных элементов, большим нуля, всегда больше нуля. Точки перегиба соответствуют тому, что ранг задачи кратен количеству процессорных элементов (задействованы все процессорные элементы).

*График зависимости эффективности от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

Асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, ограничивающая значение эффективности снизу. Значение эффективности для вычислительной системы с числом процессорных элементов, большим нуля, всегда больше нуля.

*График зависимости эффективности от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

Асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, ограничивающая значения сверху т.к. эффективность отражает вклад одного процессорного элемента в вычисления, а число процессорных элементов – натуральное число.

*График зависимости расхождения от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

Асимптотой графика является прямая, параллельная оси абсцисс, ограничивающая значения снизу, т.к. рост ускорения при увеличении количества процессорных элементов ограничен. Точки перегиба

соответствуют тому, что ранг задачи кратен количеству процессорных элементов (задействованы все процессорные элементы).

*График зависимости расхождения от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

Асимптотой графика является график значений  $D$  при  $n = 1$ , линейно аппроксимированный и ограничивающий значения снизу, т.к. меньше количество процессорных элементов в вычислительной системе не может быть физически.

### **3. спрогнозировать как измениться вид графиков при изменении параметров модели (если модель позволяет, то проверить на ней правильность ответа)**

*График зависимости коэффициента ускорения от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

При увеличении ранга задачи максимальное значение коэффициента ускорения будет увеличиваться.

При увеличении количества процессорных элементов коэффициент ускорения будет увеличиваться, приближаясь к асимптоте.

*График зависимости коэффициента ускорения от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

При увеличении количества процессорных элементов максимальное значение коэффициента ускорения будет увеличиваться.

При увеличении ранга задачи коэффициент ускорения будет становиться больше до того значения, как приблизится к асимптоте.

*График зависимости эффективности от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

При увеличении ранга задачи меньшее число значений будет приближаться к асимптоте.

При увеличении количества процессорных элементов значения будут уменьшаться все больше приближаться к асимптоте.

*График зависимости эффективности от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

При увеличении ранга задачи меньшее число значений будет приближаться к асимптоте.

При увеличении количества процессорных элементов значения будут увеличиваться, все больше приближаясь к асимптоте.

*График зависимости расхождения от количества процессорных элементов с фиксированным рангом задачи:*

При увеличении ранга задачи все меньшее количество значений будет приближаться к асимптоте.

При увеличении количества процессорных элементов значения будут уменьшаться, приближаясь к асимптоте.

*График зависимости расхождения от ранга задачи с фиксированным количеством процессорных элементов:*

При увеличении количества процессорных элементов все больше значений будут удаляться от асимптоты.

При увеличении ранга задачи значения будут увеличиваться, удаляясь от асимптоты.

### **Вывод:**

В результате выполнения лабораторной работы была реализована модель вычисления матрицы значений на ОКМД архитектуре. Данная модель была проверена на работоспособность и правильность получаемых результатов.

С помощью графиков, построенных в результате выполнения лабораторной работы, были изучены зависимости коэффициента ускорения, эффективности и коэффициента расхождения программы от количества процессорных элементов и ранга задачи.

Были исследованы числовые характеристики ОКМД архитектуры: коэффициент ускорения, эффективность, коэффициент расхождения, суммарная и средняя динь программы при решении поставленной задачи.