Московский Авиационный Институт

(Национальный Исследовательский Университет)

Факультет информационных технологий и прикладной математики

Кафедра вычислительной математики и программирования

**Лабораторная работа №5 по курсу**

**«Операционные системы»**

**ДИНАМИЧЕСКИЕ БИБЛИОТЕКИ**

Студент: Ильин И. О

Группа: М8О–206Б–20

Вариант: 11

Преподаватель: Соколов Андрей Алексеевич

Оценка: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Москва, 2020.

**Постановка задачи**

## Цель работы

Целью является приобретение практических навыков в:

* Создание динамических библиотек
* Создание программ, которые используют функции динамических библиотек

## Задание

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработки использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение потоков должно быть задано ключом запуска вашей программы.

Так же необходимо уметь продемонстрировать количество потоков, используемое вашей программ

ой с помощью стандартных средств операционной системы.

В отчете привести исследование зависимости ускорения и эффективности алгоритма от входящих данных и количества потоков. Получившиеся результаты необходимо объяснить.

Вариант 12:

Наложить K раз фильтры эрозии и наращивания на матрицу, состоящую из вещественных чисел. На выходе получается 2 результирующие матрицы

**Общие сведения о программе**

Программа компилируется из файла lab3.c. Также используется заголовочные файлы: stdio.h, unistd.h, stdlib.h, ctype.h, stdbool.h, pthread.h, time.h, dirent.h, sys/time.h. В программе используются следующие системные вызовы:

1. **gettimeofday** ­­–– позволяет получить текущее время. Принимает в качестве аргументов структуру timeval, в которую записывает результат работы, и переменную для коррекции времени. В случае успеха возвращает 0.
2. **pthread\_create ––** (является оберткой над системным вызовом clone) создает новый поток в вызывающем процессе. В качестве аргументов принимает указатель на структуру-идентификатор потока pthread\_t, атрибуты потока, функцию, которая будет запускаться в потоке, список аргументов для функции в виде указателя на void. В случае успеха возвращает 0, иначе возвращает номер ошибки.
3. **pthread\_join ––** используется для ожидания завершения потока. Данная функция блокирует вызывающий поток, пока указанный поток не завершится. В качестве аргументов принимает структуру pthread\_t потока и указатель на переменную, в которую будет записан результат, возвращаемый потоком. В случае успеха возвращает 0, иначе возвращает номер ошибки.
4. **pthread\_exit ––** завершает вызываемый поток. В качестве аргумента принимает значение, которое вернется при завершении потока. Функция всегда завершается успехом.
5. **read ––** предназначена для чтения какого-то числа байт из файла, принимает в качестве аргументов файловый дескриптор, буфер, в который будут записаны данные и число байт. В случае успеха вернет число прочитанных байт, иначе -1.
6. **write ––** предназначена для записи какого-то числа байт в файл, принимает в качестве аргументов файловый дескриптор, буфер, из которого будут считаны данные для записи и число байт. В случае успеха вернет число записанных байт, иначе -1.

**Общий метод и алгоритм решения**.

Для реализации поставленной задачи необходимо:

1. Изучить принципы работы с потоками в C.
2. Написать вспомогательные функции для работы с матрицами.
3. С помощью принципа разбиения задачи на маленькие подзадачи, реализовать функцию, которая будет проводить частичную обработку данных, для ее запуска в мальтипоточном режиме.
4. Реализовать функцию, которая будет создавать потоки, запускать потоковую функцию, управлять потоками.
5. Реализовать обработку системных ошибок согласно заданию

**Основные файлы программы**

**lab3.c:**

#include <stdio.h>

#include <ctype.h>

#include <stdlib.h>

#include <stdbool.h>

#include <unistd.h>

#include <pthread.h>

#include <time.h>

#include <dirent.h>

#include <sys/time.h>

// 11. Наложить K раз фильтры эрозии и наращивания на матрицу, состоящую из вещественных чисел. На выходе получается 2 результирующие матрицы

// Ввод - размеры матрицы, сама матрица

// Окно фильтров 3х3

void print\_usage(char\* cmd) {

printf("Usage: %s [-threads num]\n", cmd);

}

bool read\_matrix(float\* matrix, size\_t rows, size\_t cols) {

for (size\_t i = 0; i < rows; ++i) {

for (size\_t j = 0; j < cols; ++j) {

if (scanf("%f", &matrix[i\*cols + j]) != 1) {

perror("Error while reading matrix");

return false;

}

//scanf("%f", &matrix[i\*cols + j]);

//printf("=== matrix[%ld] = %f\n", i\*cols + j, matrix[i\*cols + j]);

}

}

return true;;

}

bool print\_matrix(float\* matrix, size\_t rows, size\_t cols) {

for (size\_t i = 0; i < rows; ++i) {

for (size\_t j = 0; j < cols; ++j) {

printf("%.20g ", matrix[i\*cols + j]);

}

printf("\n");

}

return false;

}

void copy\_matrix(float\* from, float\* to, size\_t rows, size\_t cols) {

for (size\_t i = 0; i < rows; ++i) {

for (size\_t j = 0; j < cols; ++j) {

to[i\*cols + j] = from[i\*cols + j];

}

}

}

typedef struct {

int thread\_num;

int th\_count;

int rows;

int cols;

int w\_dim;

float\*\* matrix1;

float\*\* result1;

float\*\* matrix2;

float\*\* result2;

} thread\_arg;

// Функция, которая будет выполняться в потоках

// Происзводит попоточную обработку строк матрицы

void\* edit\_line(void\* argument) {

thread\_arg\* args = (thread\_arg\*)argument;

const int thread\_num = args->thread\_num;

const int th\_count = args->th\_count;

const int rows = args->rows;

const int cols = args->cols;

int offset = args->w\_dim / 2;

float\*\* matrix1\_ptr = args->matrix1;

float\*\* matrix2\_ptr = args->matrix2;

float\*\* result1\_ptr = args->result1;

float\*\* result2\_ptr = args->result2;

const float\* matrix1 = \*matrix1\_ptr;

const float\* matrix2 = \*matrix2\_ptr;

float\* result1 = \*result1\_ptr;

float\* result2 = \*result2\_ptr;

// Либо 2 одновременно либо 2 ф-ии

//printf("\n=== IN THREAD %d ===\n", thread\_num);

// printf("offset = %d\n", offset);

for (int th\_row = thread\_num; th\_row < rows; th\_row += th\_count) {

// printf("THREAD %d ROW %d\n", thread\_num, th\_row);

for (int th\_col = 0; th\_col < cols; ++th\_col) {

// printf(" th\_col = %d\n", th\_col);

float max = matrix1[th\_row\*cols + th\_col];

float min = matrix2[th\_row\*cols + th\_col];

for (int i = th\_row - offset; i < th\_row + offset + 1; ++i) {

for (int j = th\_col - offset; j < th\_col + offset + 1; ++j) {

float curr1, curr2;

if ((i < 0) || (i >= rows) || (j < 0) || (j >= cols)) {

curr1 = 0;

curr2 = 0;

} else {

curr1 = matrix1[i\*cols + j];

curr2 = matrix2[i\*cols + j];

}

// printf("[%d][%d] ", i, j);

if (curr1 > max) {

max = curr1;

}

if (curr2 < min) {

min = curr2;

}

}

// printf("\n");

}

result1[th\_row\*cols + th\_col] = max;

result2[th\_row\*cols + th\_col] = min;

}

//printf("\n");

}

pthread\_exit(NULL); // Заканчиваем поток

}

void put\_filters(float\*\* matrix\_ptr, size\_t rows, size\_t cols, size\_t w\_dim, float\*\* res1\_ptr, float\*\* res2\_ptr, int filter\_cnt, int th\_count) {

float\* tmp1 = (float\*)malloc(rows \* cols \* sizeof(float));

if (!tmp1) {

perror("Error while allocating matrix\n");

exit(1);

}

float\*\* matrix1\_ptr = &tmp1;

float\* tmp2 = (float\*)malloc(rows \* cols \* sizeof(float));

if (!tmp2) {

perror("Error while allocating matrix\n");

exit(1);

}

float\*\* matrix2\_ptr = &tmp2;

copy\_matrix(\*matrix\_ptr, tmp1, rows, cols);

copy\_matrix(\*matrix\_ptr, tmp2, rows, cols);

pthread\_t ids[th\_count];

thread\_arg args[th\_count];

for (int k = 0; k < filter\_cnt; ++k) {

for (int i = 0; i < th\_count; ++i) {

args[i].thread\_num = i;

args[i].th\_count = th\_count;

args[i].rows = rows;

args[i].cols = cols;

args[i].w\_dim = w\_dim;

args[i].matrix1 = matrix1\_ptr;

args[i].result1 = res1\_ptr;

args[i].matrix2 = matrix2\_ptr;

args[i].result2 = res2\_ptr;

if (pthread\_create(&ids[i], NULL, edit\_line, &args[i]) != 0) {

perror("Can't create a thread.\n");

}

}

for(int i = 0; i < th\_count; ++i) {

if (pthread\_join(ids[i], NULL) != 0) {

perror("Can't wait for thread\n");

}

}

if (filter\_cnt > 1) {

float\*\* swap = res1\_ptr;

res1\_ptr = matrix1\_ptr;

matrix1\_ptr = swap;

swap = res2\_ptr;

res2\_ptr = matrix2\_ptr;

matrix2\_ptr = swap;

}

}

free(tmp1);

free(tmp2);

}

int main(int argc, char\* argv[]) {

int pid = getpid();

printf("PID <%d>\n", pid);

int threads = 1;

if (argc == 3) {

threads = atoi(argv[2]);

} else if (argc != 1) {

print\_usage(argv[0]);

return 0;

}

printf("Total thread = %d\n", threads);

int rows;

int cols;

printf("Enter matrix dimensions:\n");

scanf("%d", &cols);

scanf("%d", &rows);

float\* matrix = (float\*)malloc(rows \* cols \* sizeof(float));

float\* res1 = (float\*)malloc(rows \* cols \* sizeof(float));

float\* res2 = (float\*)malloc(rows \* cols \* sizeof(float));

if (!matrix || !res1 || !res2) {

perror("Error while allocating matrix\n");

return 1;

}

read\_matrix(matrix, rows, cols);

int w\_dim;

printf("Enter window dimension:\n");

scanf("%d", &w\_dim);

if (w\_dim % 2 == 0) {

perror("Window dimension must be an odd number\n");

return 1;

}

printf("Enter K:\n");

int k;

scanf("%d", &k);

struct timeval start, end;

gettimeofday(&start, NULL);

put\_filters(&matrix, rows, cols, w\_dim, &res1, &res2, k, threads);

gettimeofday(&end, NULL);

long sec = end.tv\_sec - start.tv\_sec;

long microsec = end.tv\_usec - start.tv\_usec;

if (microsec < 0) {

--sec;

microsec += 1000000;

}

long elapsed = sec\*1000000 + microsec;

printf("DILATION:\n");

print\_matrix(res1, rows, cols);

printf("EROISON:\n");

print\_matrix(res2, rows, cols);

printf("TOTAL TIME: %ld ms\n", elapsed);

free(res1);

free(res2);

free(matrix);

return 0;

}

**Пример работы**

Тест на корректность работы алгоритма обработки с маленькими входными данными:

MacBook-Pro:src mr-ilin$ cat ../test/t01.t

13 13

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

3

2

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 1 < ../test/t01.t

PID <30102>

Total thread = 1

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

DILATION:

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

EROISON:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOTAL TIME: 159 ms

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 2 < ../test/t01.t

PID <30103>

Total thread = 2

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

DILATION:

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

EROISON:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOTAL TIME: 184 ms

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 4 < ../test/t01.t

PID <30104>

Total thread = 4

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

DILATION:

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1

EROISON:

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0

0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

TOTAL TIME: 310 ms

Тест с большими входными данными (матрица случайных чисел размером 1000 на 1000, размер окна 3), вывод результата пропущен по объективным причинам.

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 1 < ../test/big\_test.t

PID <30181>

Total thread = 1

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

TOTAL TIME: 85479 ms

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 2 < ../test/big\_test.t

PID <30186>

Total thread = 2

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

TOTAL TIME: 46842 ms

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 4 < ../test/big\_test.t

PID <30187>

Total thread = 4

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

TOTAL TIME: 25802 ms

MacBook-Pro:src mr-ilin$ ./lab3 -t 8 < ../test/big\_test.t

PID <30188>

Total thread = 8

Enter matrix dimensions:

Enter window dimension:

Enter K:

TOTAL TIME: 20855 ms

**Вывод**

В ходе выполнения данной лабораторной работы я познакомился с тем, как производится работа с потоками в языке Си. Основная идея применения потоков состоит в разбиение большой задачи на множество более мелких задач, которые выполняются параллельно. Но данный подход требует особенной внимательности программиста к совместно используемым данным и тщательного продумывания алгоритма.

В данном случае обработка матрицы является идеальным примером, который иллюстрирует прирост в производительности, при выполнении в многопоточном режиме. Можно заметить, что использование потоков для маленьких входных данных является излишним, потому что оно только тормозит выполнение программы посредством создания потоков, их ожидания. На больших входных данных отчётливо прослеживается уменьшение времени работы: почти в 2 раза при удваивании числа потоков вплоть до 4, на 8 потоках большого прироста, по сравнению с 4 потоками не наблюдается. Данный факт легко объясняется законом Амдала