МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Факультет прикладной математики и физики
Кафедра вычислительной математики и программирования

**Лабораторная работа №2**
**по курсу «Программирование графических процессоров»**

# Обработка изображений на GPU. Фильтры.

Выполнил: Иларионов Д.А.
Группа: М8О-408Б-17
Преподаватели: Крашенинников К.Г.,
Морозов А.Ю.

Москва, 2020

## Условие

Цель работы: научиться использовать GPU для обработки изображений. Использование текстурной памяти.

**Вариант: 4. SSAA**

## Программное и аппаратное обеспечение

**GPU:**

- Name: GeForce GTX 1060
- Compute capability: 6.1
- Частота видеопроцессора: 1404 – 1670 (Boost) МГц
- Частота памяти: 8000 МГц
- Графическая память: 6144 МБ
- Разделяемая память: отсутствует
- Количество регистров на блок: 65536
- Максимальное количество блоков: (2147483647, 65535, 65535)
- Максимальное количество нитей: (1024, 1024, 64)
- Количество мультипроцессоров: 10

**Сведения о системе:**

- Процессор: Intel Core i7-8750H 2.20GHz x 6
- Оперативная память: 16 ГБ
- SSD: 128 ГБ
- HDD: 1000 ГБ

**Программное обеспечение:**

- OS: Windows 10
- IDE: Visual Studio 2019
- Компилятор: nvcc

## Метод решения

Все блоки и нити в этот раз имеют 2 измерения и каждый поток берет “прямоугольную область” изображения и обрабатывает ее. В данной ЛР не нужно выходить за границы изображения, поэтому, у меня проблем особо и не возникло. Сам вариант представляет собой программу, которая “сглаживает” изображение, а точнее – уменьшает его в несколько раз. Сам фильтр SSAA предназначен для того, чтобы сгладить изображение, убрать некоторые неровности. Например, при уменьшении в 4 раза, в одном из 4 пикселей может быть цвет, который сильно различается от других, поэтому, при сглаживании берется средний цвет. По сути – обычное уменьшение размеров изображения с небольшой потерей качества (ну в зависимости от того, во сколько раз мы уменьшаем изображение). Мы получаем на вход изображение (в формате DATA), выход, и новое разрешение изображения. В условии сказано, что расширение исходного изображение всегда кратно расширению нового, что очень сильно упрощает задачу. Мы находим коэффициенты ps_X и ps_Y – во сколько раз изображение уменьшается по X и по Y. затем уже каждый поток обрабатывает участок картинки

ps_X*ps_Y (если мало потоков и пикселей больше, то несколько участков с разницей offset по x и по y изображения соответственно). Находим средний цвет и передаем его в соответствующий пиксель новой картинки. Таким образом мы уменьшаем саму картинку. Первую картинку (в формате data) мы храним в текстурной памяти. Она позволяет выходить за границы изображения и с ней удобнее работать с изображениями, хотя, в моем варианты за границы выходить и не надо. К пикселю легко обратиться с помощью функции tex2D. С выходным изображением решил не заморачиваться и представил его в виде массива, не знаю, но мне так удобнее. Задачу я свою выполнил, продемонстрировал первое изображение в текстурной памяти.

## Описание программы

**Файл kernel.cu**

```
#include "cuda_runtime.h"
#include "device_launch_parameters.h"

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <cstdio>
#include <sstream>
#include <iomanip>
#include <math.h>
#include <algorithm>
#include <string>
#include <cuda.h>


using namespace std;

#define CSC(call)
                    \
do {
                            \
	cudaError_t res = call;
                    \
	if (res != cudaSuccess) {
		\
		fprintf(stderr, "ERROR in %s:%d. Message: %s\n",              \
                            __FILE__, __LINE__, cudaGetErrorString(res));          \
		exit(0);
                            \
	}
                                \
} while (0)                                                                  \

\

typedef uchar4 pixels;
typedef unsigned char bytes;

struct image {
	int width;
	int height;
	pixels* pixs;
```

```
};

image newImage(int w, int h) {
	image nIMG;
	nIMG.width = w;
	nIMG.height = h;
	nIMG.pixs = new pixels[w * h];
	return nIMG;
}

image newImage(string filename) {
	FILE* file;
	image thisImg;
	if ((file = fopen(filename.c_str(), "rb")) == NULL) {
		std::cout << "Can't load image from file" << std::endl;
		exit(1);
	}

	fread(&thisImg.width, sizeof(thisImg.width), 1, file);
	fread(&thisImg.height, sizeof(thisImg.height), 1, file);

	thisImg.pixs = new pixels[thisImg.width * thisImg.height];
	fread(thisImg.pixs, sizeof(pixels), thisImg.width * thisImg.height, file);

	fclose(file);
	return thisImg;
}

void writeToFile(image img, string filename) {
	FILE* file = fopen(filename.c_str(), "wb");

	fwrite(&img.width, sizeof(img.width), 1, file);
	fwrite(&img.height, sizeof(img.height), 1, file);
	fwrite(img.pixs, sizeof(pixels), img.width * img.height, file);
	fclose(file);
}

string imgToString(image img) {
	std::stringstream stream;
	stream << img.width << " " << img.height << "\n";
	for (int i = 0; i < img.height; i++) {
		for (int j = 0; j < img.width; j++) {
			int k = i * img.width + j;
			stream << hex << setfill('0') << setw(2) << (int)img.pixs[k].x <<
setfill('0') << setw(2) << (int)img.pixs[k].y << setfill('0') << setw(2) <<
(int)img.pixs[k].z << setfill('0') << setw(2) << (int)img.pixs[k].w << " ";
		}
		stream << "\n";
	}

	return stream.str();
}

texture<pixels, 2, cudaReadModeElementType> tex;

cudaArray* c_arr;


void makeTexture(image* img) {
	int w = img->width;
	int h = img->height;

	cudaChannelFormatDesc ch = cudaCreateChannelDesc<pixels>();
```

```
	CSC(cudaMallocArray(&c_arr, &ch, w, h));
	CSC(cudaMemcpyToArray(c_arr, 0, 0, img->pixs, sizeof(pixels) * w * h,
cudaMemcpyHostToDevice));

	tex.addressMode[0] = cudaAddressModeClamp;
	tex.addressMode[1] = cudaAddressModeClamp;
	tex.channelDesc = ch;
	tex.filterMode = cudaFilterModePoint;
	tex.normalized = false;
	CSC(cudaBindTextureToArray(tex, c_arr, tex.channelDesc));
}

__global__ void filterSSAA(pixels* pixelsOut, int w, int h, int psx, int psy)
{
	int tX = blockIdx.x * blockDim.x + threadIdx.x;
	int tY = blockIdx.y * blockDim.y + threadIdx.y;
	int offsetX = gridDim.x * blockDim.x;
	int offsetY = gridDim.y * blockDim.y;
	int imW = w * psx;

	for (int i = tY; i < h; i += offsetY)
	{
		for (int j = tX; j < w; j += offsetX)
		{
			pixels thisPixel;
			double thisRed = 0.0;
			double thisGreen = 0.0;
			double thisBlue = 0.0;

			for (int Y = psy * i; Y < psy * i + psy; ++Y) {
				for (int X = psx * j; X < psx * j + psx; ++X) {
					thisPixel = tex2D(tex, X, Y);
					thisRed += thisPixel.x;
					thisGreen += thisPixel.y;
					thisBlue += thisPixel.z;
				}
			}

			thisRed /= (psx * psy);
			thisGreen /= (psx * psy);
			thisBlue /= (psx * psy);


			bytes nRed = (bytes)min((int)thisRed, (int)0xFF);
			bytes nGreen = (bytes)min((int)thisGreen, (int)0xFF);
			bytes nBlue = (bytes)min((int)thisBlue, (int)0xFF);


			pixelsOut[j + i * w].x = nRed;
			pixelsOut[j + i * w].y = nGreen;
			pixelsOut[j + i * w].z = nBlue;
			pixelsOut[j + i * w].w = 0;
		}
	}
}

void begin(image* image1, image* image2, int psX, int psY) {

	pixels* newPixels;

	makeTexture(image1);

	int size2 = sizeof(pixels) * image2->width * image2->height;
```

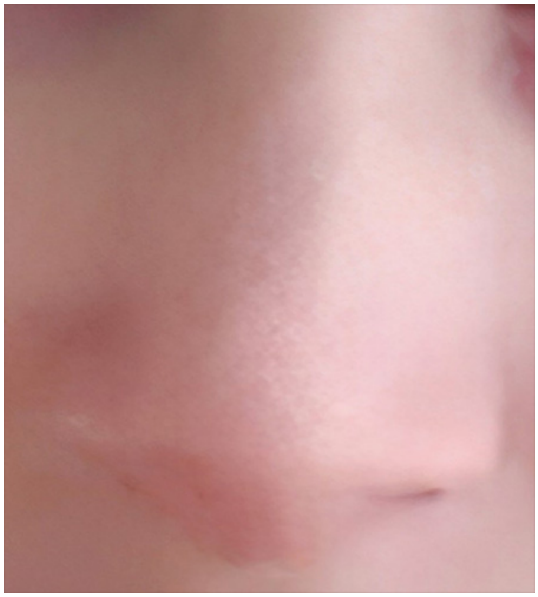
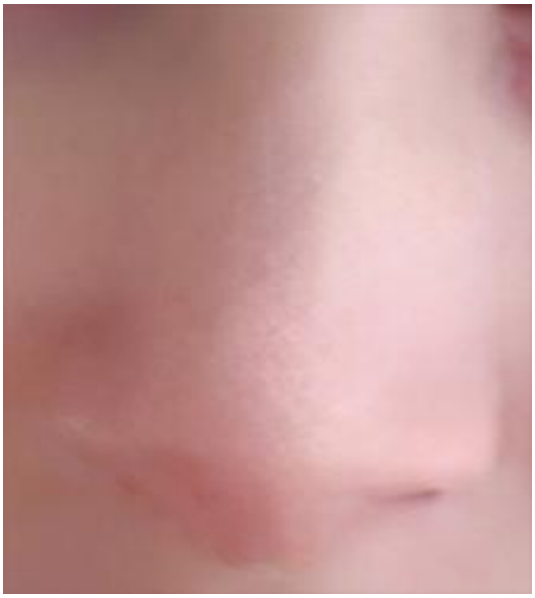
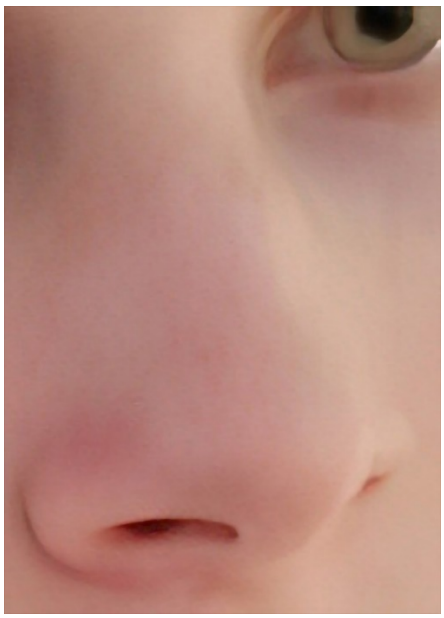
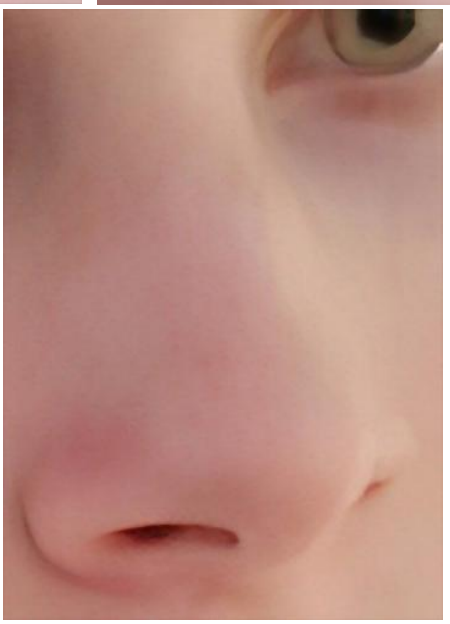
```
	CSC(cudaMalloc((void**)& newPixels, size2));

	dim3 gridSz(32, 32);
	dim3 blockSz(32, 32);

	filterSSAA << < gridSz, blockSz >> > (newPixels, image2->width, image2->height,
psX, psY);

	CSC(cudaUnbindTexture(tex));

	CSC(cudaFreeArray(c_arr));

	CSC(cudaMemcpy(image2->pixs, newPixels, size2, cudaMemcpyDeviceToHost));
	CSC(cudaFree(newPixels));

}

int main()
{
	string input;
	string output;

	int wNew, hNew;

	std::cin >> input >> output;
	std::cin >> wNew >> hNew;

	image myImage = newImage(input);

	int PS_x = 0;
	int PS_y = 0;

	if (myImage.width % wNew != 0 || myImage.height % hNew) {
		cout << "ERROR: Not prorortional!\n";
		return 0;
	}
	else {
		PS_x = myImage.width / wNew;
		PS_y = myImage.height / hNew;
	}

	image newIM = newImage(myImage.width / PS_x, myImage.height / PS_y);

	begin(&myImage, &newIM, PS_x, PS_y);

	writeToFile(newIM, output);

	return 0;
}
```

## Результаты

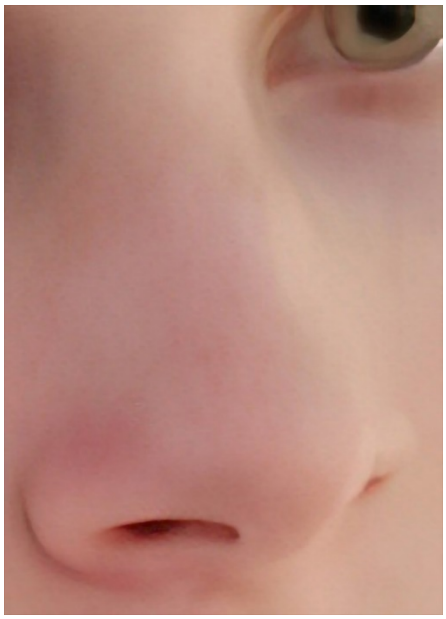
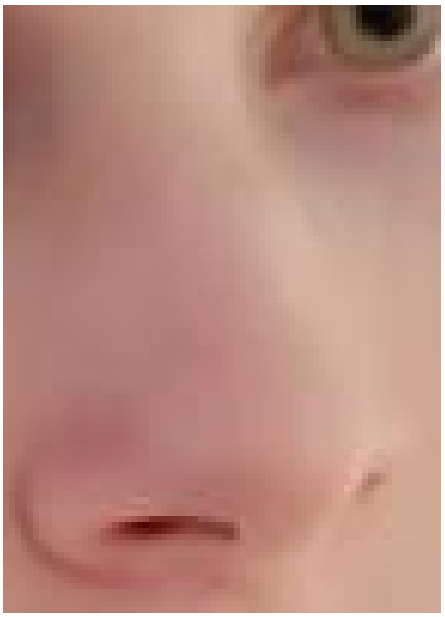
Таблица работы программы с разными конфигурациями ядра GPU и с CPU (в миллисекундах) – уменьшение картинок в 2 раза.

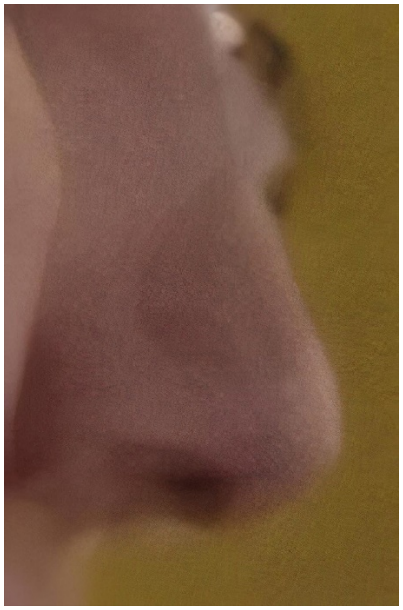
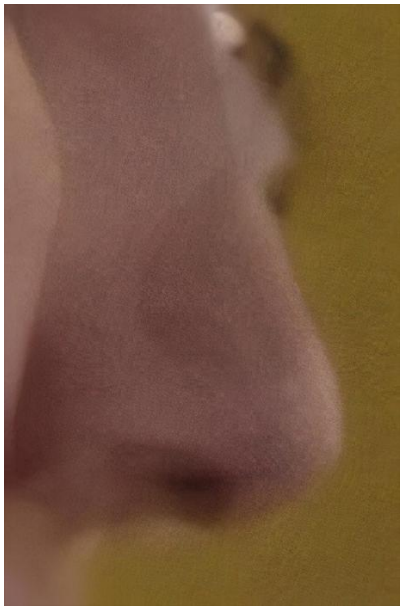
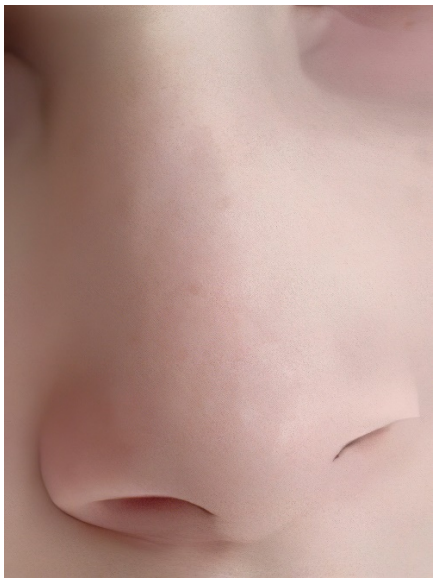
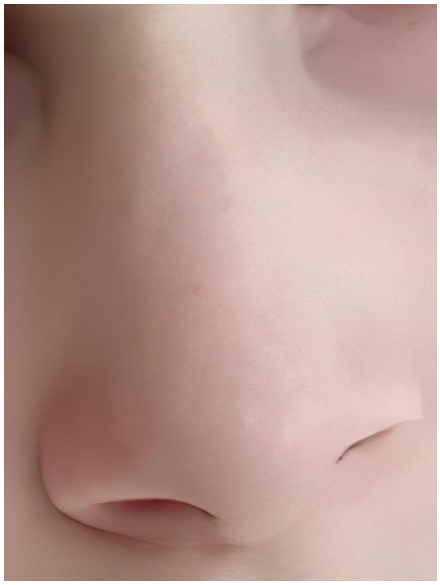
| S / Core [ms] | (8, 8)^2 | (16, 16)^2 | (32, 32)^2 | (64, 64)^2 | (128, 128)^2 | (256, 256)^2 | (512, 512)^2 | (1024, 1024)^2 | CPU |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 x 140 | 0.043584 | 0.045632 | 0.549728 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001024 | 0.000768 | 0.381900 |
| 200 x 200 | 0.080832 | 0.070656 | 0.577536 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001632 | 1.093500 |
| 450 x 500 | 0.314176 | 0.233472 | 0.757760 | 0.000800 | 0.001024 | 0.000608 | 0.002048 | 0.001024 | 6.110400 |
| 720 x 1000 | 0.940000 | 0.658432 | 1.208320 | 0.001024 | 0.001024 | 0.001024 | 0.000800 | 0.001024 | 13.56770 |
| 920 x 1400 | 1.699456 | 1.116160 | 1.548288 | 0.001024 | 0.001024 | 0.000704 | 0.001024 | 0.001984 | 28.28699 |
| 1500 x 2000 | 3.918848 | 2.542592 | 3.252096 | 0.005120 | 0.002048 | 0.001024 | 0.005120 | 0.001632 | 58.14820 |
| 4800 x 4800 | 28.14976 | 21.45177 | 20.39152 | 0.002016 | 0.001024 | 0.002048 | 0.02016 | 0.002048 | 436.0714 |

А теперь самое прикольное :D – сами результаты картинок. В качестве образцов я взял фотографии самого милого, маленького кошачье-женского носика Ани Шабуниной, ну и фоточку самой девочки :") Обработанные результаты представляют собой уменьшенные изображения в 4 (2x2) раза. (до, после)

А вот уменьшение этого же носика :") в 100 раз (10 x 10)

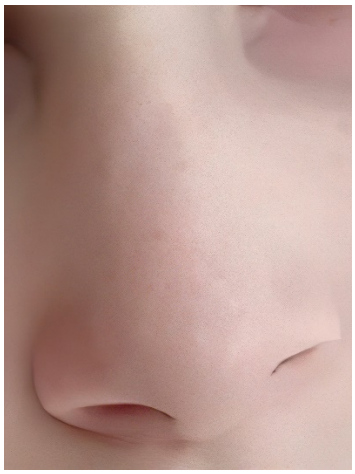
Ну и сама Шабунька)


Как мы видим, на последних фотографиях разница почти незаметна. Дело в том, что разрешение и так очень высокое, и отличить 4800x4800 от 2400x2400 не приближая изображение очень трудно.
А теперь давайте уменьшим Шабуньку в 100 (10x10) и 10,000 (100x100) раз

 - в 100 раз

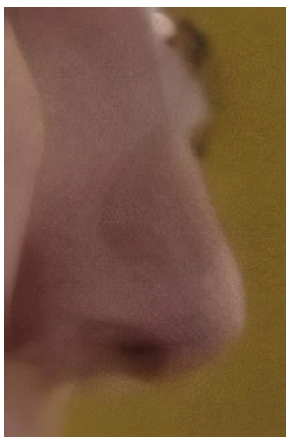
 - в 10000 раз (48x48)

Также, если уменьшить изображение до размера 1x1, то будет 1 пикселя цвета среднего цвета по всему изображению, рассмотрим несколько примеров.




Средний цвет носика – нежно-розовый немного с темными тонами. Дело в том, что кожа на носике Шабуньки розового цвета :3 Но тон немного темный, потому что на изображении есть тени.


А вот средний цвет Ани совсем другой. Так как на фотографии присутствует темная одежда, стены, пол, поэтому и оттенок темно-сине-коричневый.




Ну а “синька” (посИневший от холода носик Ани Шабуниной в феврале :3) оказалась вовсе и не синей в среднем, а коричневой. Дело в том, что на картинке еще присутствует желтый фон, ну а синевато-розовый и темно желтый цвет дают как раз вместе примерно коричневый.

## Выводы

В данной лабораторной я уменьшал носики Ани Шабуниной. Он и так у нее очень маленький, так я его сделал и еще меньше, поэтому мне это доставило много милоты и удовольствия) Ну а если серьезно, то я укрепил свои знания работы с GPU, обработки процессов, познакомился с текстурной памятью и хранил пиксели первого изображения в ней. Во втором изображении мы на нижний пиксель спускаемся, просто прибавляя ширину изображения. Я научился производить обработку изображений с использованием CUDA, узнал основной принцип конвертации изображений в файл data для работы с ними. Мы представляем каждый пиксель в виде 16-ричного числа длинной 8 цифр, где каждые 2 цифры (макс число – 255) представляют собой интенсивность каждого цвета в пикселе (RGB), а последние 2 – альфа канал. Однако он нам тут не нужен, поэтому я его переводил просто в нули. Также узнал основной принцип сглаживания/уменьшения изображений, он очень простой, так что у меня с ним особо проблем не возникло. Но в первый раз у меня программа не прошла на 2 тесте. Позже, понял, что это из-за моей невнимательности, я не совсем правильно прочитал условие. Оказывается, программа должна уменьшать изображение не только пропорционально обеим сторонам, ну и может уменьшить в одну сторону больше, чем в другую. Поэтому, я быстренько пофиксил программу, отправил ее и она прошла!