



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени  
Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

## Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту.

Тема Обработка Raw видео.

Студент Нитенко М.Ю.

Группа ИУ7-53Б

Преподаватели (научный руководитель?)

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>2</b>
<b>1 Аналитическая часть</b>	<b>4</b>
1.1 Процесс обработки кадра. . . . .	4
1.2 Формат файла. . . . .	5
1.2.1 DNG . . . . .	5
1.3 Алгоритмы демозаики. . . . .	6
1.3.1 Билинейная интерполяция . . . . .	7
1.3.2 Malvar-He-Cutler . . . . .	7
1.4 Цветовая модель. . . . .	7
1.4.1 CIE XYZ. . . . .	8
1.4.2 ProPhoto RGB. . . . .	8
1.5 Преобразования цветовой модели. . . . .	9
1.6 Настройка изображения. . . . .	10
1.6.1 Яркость. . . . .	10
1.6.2 Контрастность. . . . .	11
1.6.3 Насыщенность. . . . .	11
1.6.4 Баланс цветов. . . . .	13
<b>2 Конструкторская часть</b>	<b>15</b>
<b>3 Технологическая часть</b>	<b>16</b>
<b>4 Исследовательская часть</b>	<b>17</b>
<b>Заключение</b>	<b>18</b>
<b>Литература</b>	<b>19</b>

# Введение

RAW видео — это видео содержащее необработанную информацию об изображении с сенсора камеры.

Главный элемент цифровых камер — сенсор, при попадании света на сенсор на нем накапливается заряд. Из этих зарядов формируется изображение.

Однако без дополнительных средств любой свет воспринимается сенсором одинаково, и на выходе получается черно-белое изображение. Наиболее распространенными способами записи цветного изображения в одну экспозицию являются: фильтр Байера, над одной матрицей или разделение изображения на три цвета, красный, зеленый и синий, и обработка каждого из них отдельной матрицей. [1]

Несмотря на то что метод разделения на три матрицы дает наиболее качественный результат, в большинстве камер среднего ценового сегмента установлена одна матрица с фильтром Байера.

Фильтр Байера состоит из 25% красных элементов, 25% синих и 50% зеленых элементов, как показано на рисунке 1.

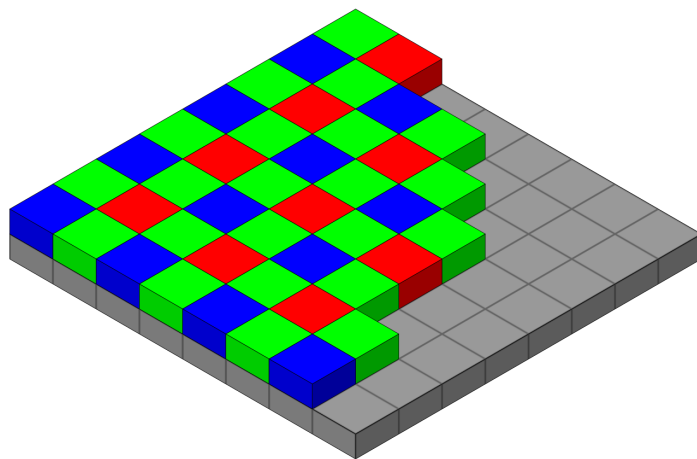


Рисунок 1 – Фильтр Байера.

Изображение с такого фильтра дает возможность создания цветного изображения, однако без обработки оно не будет таковым. Поэтому необходимо произвести процесс демозаики, который приведет изображение к корректному виду.

После этого можно приступать к остальным настройкам изображения, таким как: преобразование цвета, настройка баланса белого, тональных

кривых, контрастности, насыщенности и так далее.

Так как речь идет об обработке видео, необходимо использовать быстрые алгоритмы, чтобы обеспечивать корректную частоту кадров.

Таким образом, цель данной работы — реализовать ПО позволяющее просматривать, обрабатывать и сохранять RAW видео.

Чтобы достигнуть поставленной цели, требуется решить следующие задачи:

- реализовать открытие и отображение RAW файлов;
- реализовать инструменты для обработки видео;
- реализовать возможность сохранения модифицированного видео;
- реализовать пользовательский интерфейс.

# 1 Аналитическая часть

В данном разделе описаны необходимые для обработки данных с сенсора алгоритмы.

## 1.1 Процесс обработки кадра.

Raw-кадр является набором значений с матрицы, поэтому для показа без обработки не пригоден.

Типичная обработка включает в себя:

- декодинг данных, например если каждому пикселю соответствуют 14 бит информации они, скорее всего, лежат последовательно и их придется декодировать;
- демозаика, то есть устранение фильтра Байера;
- преобразование цвета из пространства цвета камеры в общепринятое;
- изменение гаммы и прочих параметров изображения.

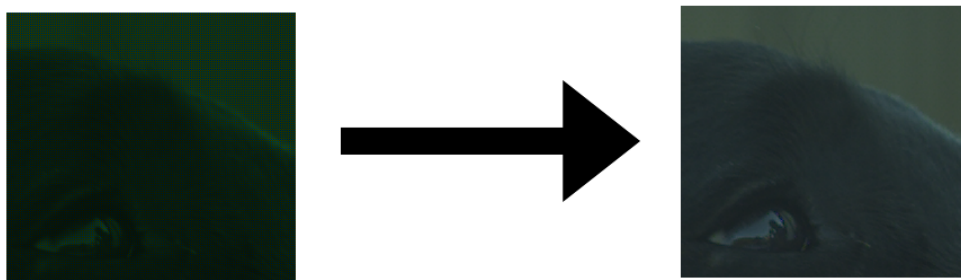


Рисунок 1.1 – Ожидаемый результат обработки.

Таблица 1.1 – Используемая информация о изображении.

Этап обработки	Необходимая информация
Распаковка	BitsPerSample
Предварительная обработка	WhiteLevel, BlackLevel
Коррекция цвета	ColorMatrix, CameraCalibration

## 1.2 Формат файла.

### 1.2.1 DNG

Digital Negative (DNG) — формат хранения raw-изображений, основан на формате изображений TIFF. CinemaDNG является форматом хранения raw-видео и представляет собой набор DNG файлов.

DNG хранит в себе изображение и набор метаданных, для обработки кадра используются следующие поля (TIFF tags):

- BitsPerSample — количество битов для описания каждого сэмпла (пикселя), поддерживаемые значения от 8 до 32 бит на семпл. Если BitsPerSample не равен 8 или 16 или 32, тогда биты должны быть упакованы в байты с использованием стандартного порядка для TIFF FillOrder 1 (big-endian);
- BlackLevel — уровень черного, все значения меньше или равные ему считаются минимальными. Тип может быть SHORT, LONG или RATIONAL, Tag = 50714;
- WhiteLevel — уровень белого, все значения больше или равные ему считаются максимальными. Тип может быть SHORT или LONG, Tag = 50717;
- ColorMatrix — матрица для преобразования из цветового пространства XYZ в цветовое пространство камеры. Тип — SRATIONAL, Tag = 50721;

- CameraCalibration — матрица для преобразования из идеального цветового пространства камеры в цветовое пространство конкретной камеры. Тип — SRATIONAL, Tag = 50723. [2] (<— этот референс относится ко всему списку, его тут оставить или переместить куда ?)

(вы говорили типа где лежат, оффсеты и все такое. но это типа тифф таги, у них есть номера, вот я их и укажу... а то получается надо еще тифф расписывать)

Для обработки файлов можно использовать библиотеку «Tiny DNG Loader», эта библиотека небольшая по размеру и поддерживает необходимые поля. (<— сравнить с libraw? она вроде тоже может грузить кадры, но при этом там еще куча всего ненужного, вот так можно написать)

### 1.3 Алгоритмы демозаики.

Одной из главных задач обработки RAW видео является устранение эффектов фильтра Байера.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20
21	22	23	24	25

Рисунок 1.2 – Пронумерованный фильтр Байера.

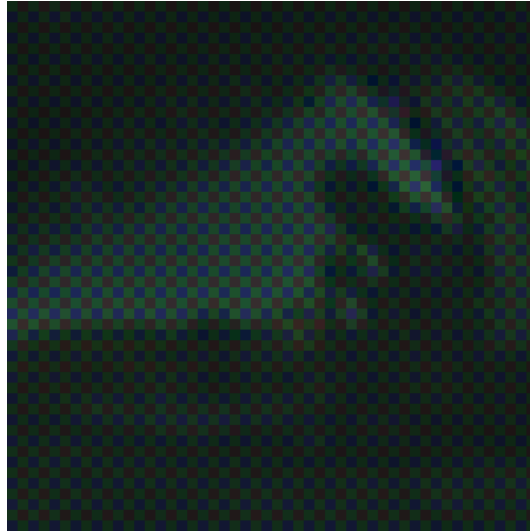


Рисунок 1.3 – Изображение с сенсора камеры.

### 1.3.1 Билинейная интерполяция

Билинейная интерполяция использует среднее значение двух или четырех соседних пикселей соответствующего цвета, например: значения синего и красного цвета для пикселя 8 находится по формулам 1.1:

$$B8 = \frac{B7 + B9}{2}, \quad R8 = \frac{R3 + R13}{2} \quad (1.1)$$

где  $BN$  — значение синего цвета в пикселе  $N$ ,  $RN$  — значение красного цвета в пикселе  $N$ .

Данный алгоритм считается одним самых быстрых и часто используется для интерполяции видео в реальном времени.

### 1.3.2 Malvar-He-Cutler

ща опишем

## 1.4 Цветовая модель.

Цветовая модель — это математическая модель описания представления цветов в виде кортежей чисел, называемых цветовыми компонентами или



цветовыми координатами. Изображение с матрицы находится в цветовой модели камеры и для правильного представления картинки необходимо преобразование цветов. Например, формат DNG хранит в себе матрицу для преобразования изображения из цветовой модели камеры в CIE XYZ D50. Однако не все камеры используют свое цветовое пространство, например для камеры Canon 650D эта матрица — единичная.

### 1.4.1 CIE XYZ.

В цветовой модели CIE XYZ каждый элемент кортежа примерно соответствует одной из колбочек человеческого глаза:  $X$  — длинноволновым,  $Y$  — средневолновым и  $Z$  — коротковолновым.

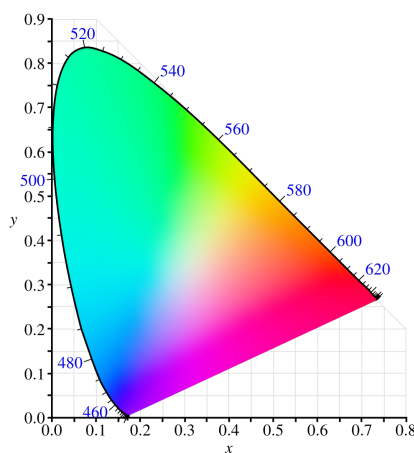


Рисунок 1.4 — Хроматическая диаграмма модели CIE XYZ.

### 1.4.2 ProPhoto RGB.

Цветовая модель в которой значения кортежа означают значения основных цветов: красного, зеленого и синего. Остальные цвета получаются сочетанием базовых. Цвета такого типа называются аддитивными.

Цветовая модель ProPhoto RGB покрывает 90% возможных цветов модели CIELAB и является рекомендованной в спецификации DNG цветовой моделью. [2]

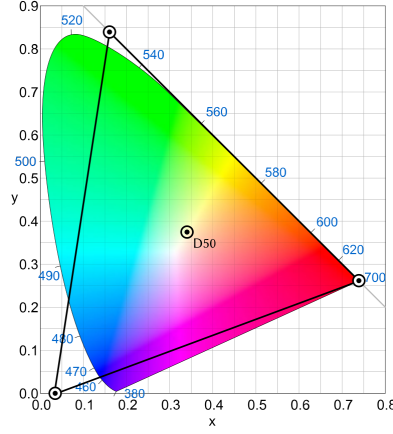


Рисунок 1.5 – Хроматическая диаграмма модели ProPhoto RGB.

## 1.5 Преобразования цветовой модели.

Для преобразования часто используются матрицы. Пусть  $CM$  — матрица преобразующая XYZ D50 в цветовое пространство камеры, тогда  $CM^{-1}$  будет матрицей переводящей цветовое пространство матрицы в XYZ D50. Пусть  $XTP$ :

$$XTP = \begin{bmatrix} 1.3460 & -0.2556 & -0.0511 \\ -0.5446 & 1.5082 & 0.0205 \\ 0.0 & 0.0 & 1.2123 \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

матрица преобразующая XYZ D50 в ProPhoto RGB. Тогда для преобразования изображения из цветового пространства камеры в ProPhoto RGB необходимо произвести умножение:

$$T_{ProPhotoRGB} = XTP * CM * T_{CC} \quad (1.3)$$

где  $T_{CC}$  — кортеж с значениями цвета в пространстве камеры.

$T_{ProPhotoRGB}$  находится в цветовом пространстве ProPhoto RGB, но яркость все еще закодирована линейно, для правильного отображения необходимо применить гамма-коррекцию:

$$\gamma(u) = \begin{cases} 16u, & u \leq 0.001953 \\ u^{1/1.8} & \end{cases} \quad (1.4)$$

где  $u$  — одна из компонент цвета. [3]

## 1.6 Настройка изображения.

Значением яркости в моделях RGB считается среднее значение основных цветов:

$$brv = \frac{R + G + B}{3} \quad (1.5)$$

где  $R$ ,  $G$ ,  $B$  — красная, зеленая и синяя компоненты пикселя соответственно. [4]

Контрастность определяется как:

$$C_{ip} = \frac{Li_{max} - Li_{min}}{D} \quad (1.6)$$

где  $Li_{max}$  — максимальное, а  $Li_{min}$  — минимальное значение яркости на изображении.  $D$  — максимальное значение разности  $Li_{max} - Li_{min}$ . [5]

Насыщенностью определяет насколько цвета различаются друг от друга, влияет на красочность изображения. Находится на промежутке от чистого цвета (100%) до серого (0%). [6]

Баланс цветов, в RGB, это соотношение между основными цветами. В модели RGB у серых цвета компоненты цветов должны быть равны ( $R = G = B$ ), то есть быть сбалансированы. В случае если они не равны изображение будет иметь оттенок. [7]

Выбранные параметры позволяют адекватно настроить световое (яркость, контрастность) и цветовое (насыщенность, баланс цветов) отношение между пикселями.

### 1.6.1 Яркость.

Преобразование яркости определяется как:

$$br(a) = a + N \quad (1.7)$$

где  $a$  — значение яркости пикселя, а  $N$  — желаемое увеличение в яркости. [8]

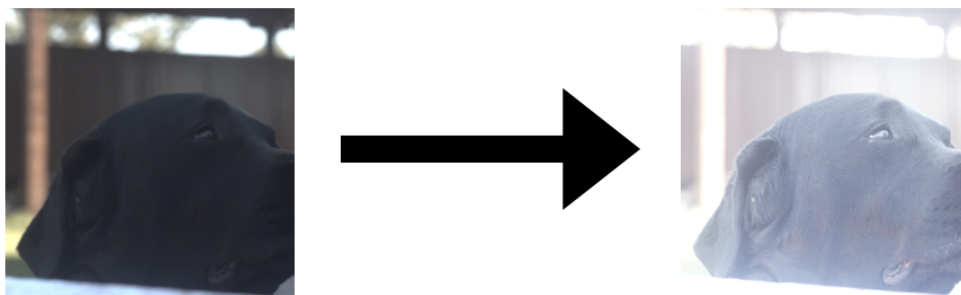


Рисунок 1.6 – Пример увеличения яркости.

### 1.6.2 Контрастность.

Преобразование контрастности определяется как:

$$con(a) = a * N \quad (1.8)$$

где  $a$  — значение яркости пикселя, а  $N$  — желаемое увеличение в контрастности (чтобы, например, увеличить контрастность на 50% необходимо умножить на 1.5). [8]

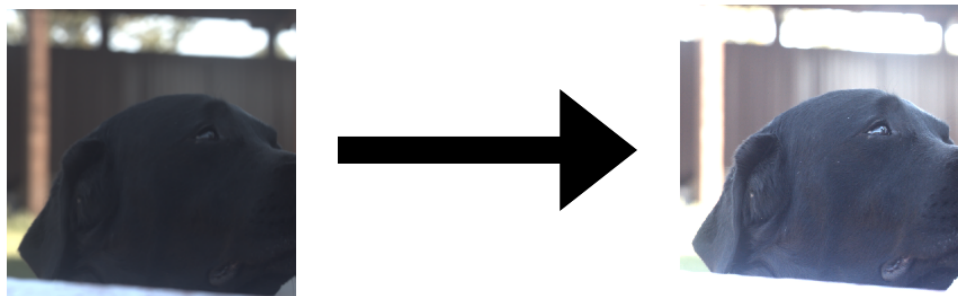


Рисунок 1.7 – Пример увеличения контрастности.

### 1.6.3 Насыщенность.

Для изменения насыщенности изображения в цветовой модели RGB можно воспользоваться умножением матриц.

Пусть  $F(x, y)$  — вектор:

$$F(x, y) = [f_R, f_G, f_B, 1]^T \quad (1.9)$$

где  $f_R, f_G, f_B$  — значения цвета в точке  $x, y$ .

Тогда  $G(x, y)$  — вектор содержащий значения цвета с иной насыщенностью:

$$G(x, y) = [g_R, g_G, g_B, g_w]^T \quad (1.10)$$

где  $g_R, g_G, g_B$  — новые значения цвета в точке  $x, y$ , а  $g_w$  не используется.

Высчитать  $G(x, y)$  можно по формуле 1.11:

$$G(x, y) = T * F(x, y) \quad (1.11)$$

где  $T$  — матрица преобразования:

$$T_{sat}(s) = \begin{bmatrix} \alpha + s & \beta & \gamma & 0 \\ \alpha & \beta + s & \gamma & 0 \\ \alpha & \beta & \gamma + s & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

где  $\alpha = 0.3086(1 - s)$ ,  $\beta = 0.6094(1 - s)$  и  $\gamma = 0.0820(1 - s)$ .

Значения  $s < 1$  приводят к уменьшению насыщенности, значения  $> 1$  — к увеличению. [9]

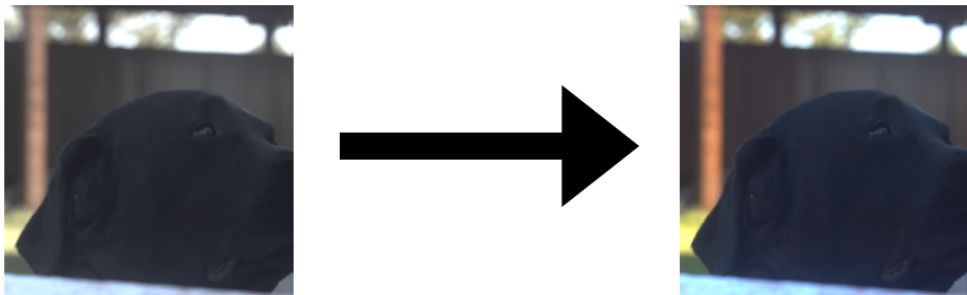


Рисунок 1.8 — Пример увеличения насыщенности.

### 1.6.4 Баланс цветов.

Для изменения баланса цветов в цветовой модели RGB можно воспользоваться умножением матриц.

Пусть  $F(x, y)$  — вектор:

$$F(x, y) = [f_R, f_G, f_B, 1]^T \quad (1.13)$$

где  $f_R, f_G, f_B$  — значения цвета в точке  $x, y$ .

Тогда  $G(x, y)$  — вектор содержащий значения цвета с иным балансом цвета:

$$G(x, y) = [g_R, g_G, g_B]^T \quad (1.14)$$

где  $g_R, g_G, g_B$  — новые значения цвета в точке  $x, y$ .

Высчитать  $G(x, y)$  можно по формуле 1.15:

$$G(x, y) = T * F(x, y) \quad (1.15)$$

где  $T$  — матрица преобразования:

$$T_{sat}(s) = \begin{bmatrix} R_{wb} & 0 & 0 \\ 0 & G_{wb} & 0 \\ 0 & 0 & B_{wb} \end{bmatrix} \quad (1.16)$$

где  $R_{wb}, G_{wb}$  и  $B_{wb}$  — коэффициенты для каждого из основных цветов.

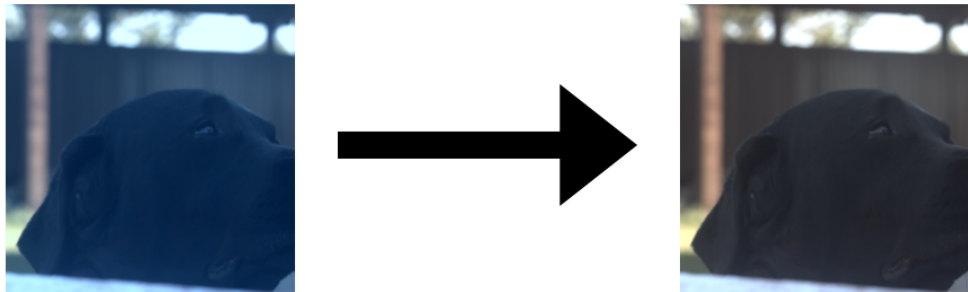


Рисунок 1.9 – Пример восстановления баланса цветов.

## Вывод

В данном разделе был проведен обзор необходимых для реализации алгоритмов.

## 2 Конструкторская часть

Вывод



### 3 Технологическая часть

#### Вывод

## 4 Исследовательская часть

### Вывод

# Заключение

В ходе выполнения лабораторной работы была проделана следующая работа:

- замерено время выполнения алгоритмов;

# Литература

- [1] Сердце цифровой фотокамеры: ПЗС-матрица (часть четвёртая) [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ferra.ru/review/multimedia/71885.htm> (дата обращения: 05.11.2020).
- [2] ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. Digital Negative (DNG) Specification.
- [3] ANSI, USA. Specification of ROMM RGB.
- [4] Color FAQ - Frequently Asked Questions Color [электронный ресурс]. Режим доступа: [https://poynton.ca/notes/colour\\_and\\_gamma/ColorFAQ.html#RTFToC36](https://poynton.ca/notes/colour_and_gamma/ColorFAQ.html#RTFToC36) (дата обращения: 03.02.2021).
- [5] Vladimir Kovalevsky. Modern Algorithms for Image Processing. Springer International Publishing, 2019. Vol. 1. p. 43.
- [6] Color Properties / Terminology [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.workwithcolor.com/color-properties-definitions-0101.htm> (дата обращения: 05.02.2021).
- [7] Janglin Chen, Wayne Cranton, Mark Fihn. Handbook of Visual Display Technology. Springer International Publishing, 2016. Vol. 1. P. 528–529.
- [8] Wilhelm Burger, Mark James Burge. Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques. Springer International Publishing, 2009. Vol. 1. P. 55–59.
- [9] Janglin Chen, Wayne Cranton, Mark Fihn. Handbook of Visual Display Technology. Springer International Publishing, 2016. Vol. 1. P. 461–462.