

Компьютерные методы обработки изображений

Лекция 9

Обработка цветных изображений

Человек различает **тысячи** оттенков цвета и порядка **двух десятков** оттенков серого

Как правило значения пикселей изображения представляются в виде 8-битового числа. Для цветных изображений – 24 бита (3 канала * 8 бит)

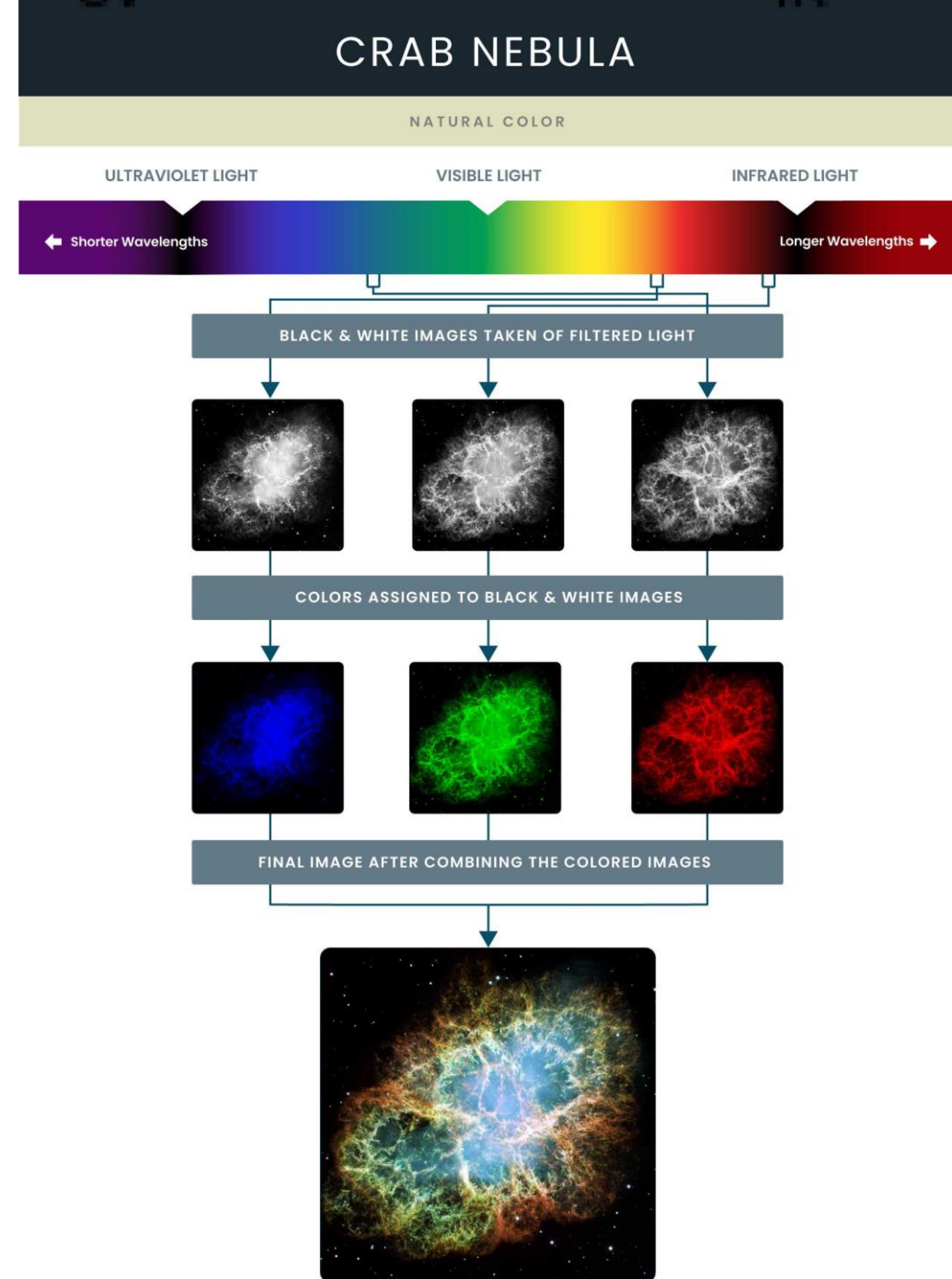
Обработка цветных изображений

Человек различает **тысячи** оттенков цвета и порядка **двух десятков** оттенков серого

Как правило значения пикселей изображения представляются в виде 8-битового числа. Для цветных изображений – 24 бита (3 канала * 8 бит)

Обработку цветных изображений можно разделить на:

- Обработку в **натуральных цветах** (например, цифровая камера)
- Обработка в **псевдоцветах** (присвоение цветов значениям интенсивности монохромного сигнала)



Колбочки (6-7 миллионов) отвечают за восприятие цвета

65 % всех колбочек воспринимают **красный** свет,
33 % воспринимают **зеленый** свет
2 % воспринимают **синий** цвет (наиболее чувствительные)

По этой причине **красный** (R), **зеленый** (G) и **синий** (B) называются **первичными основными цветами**

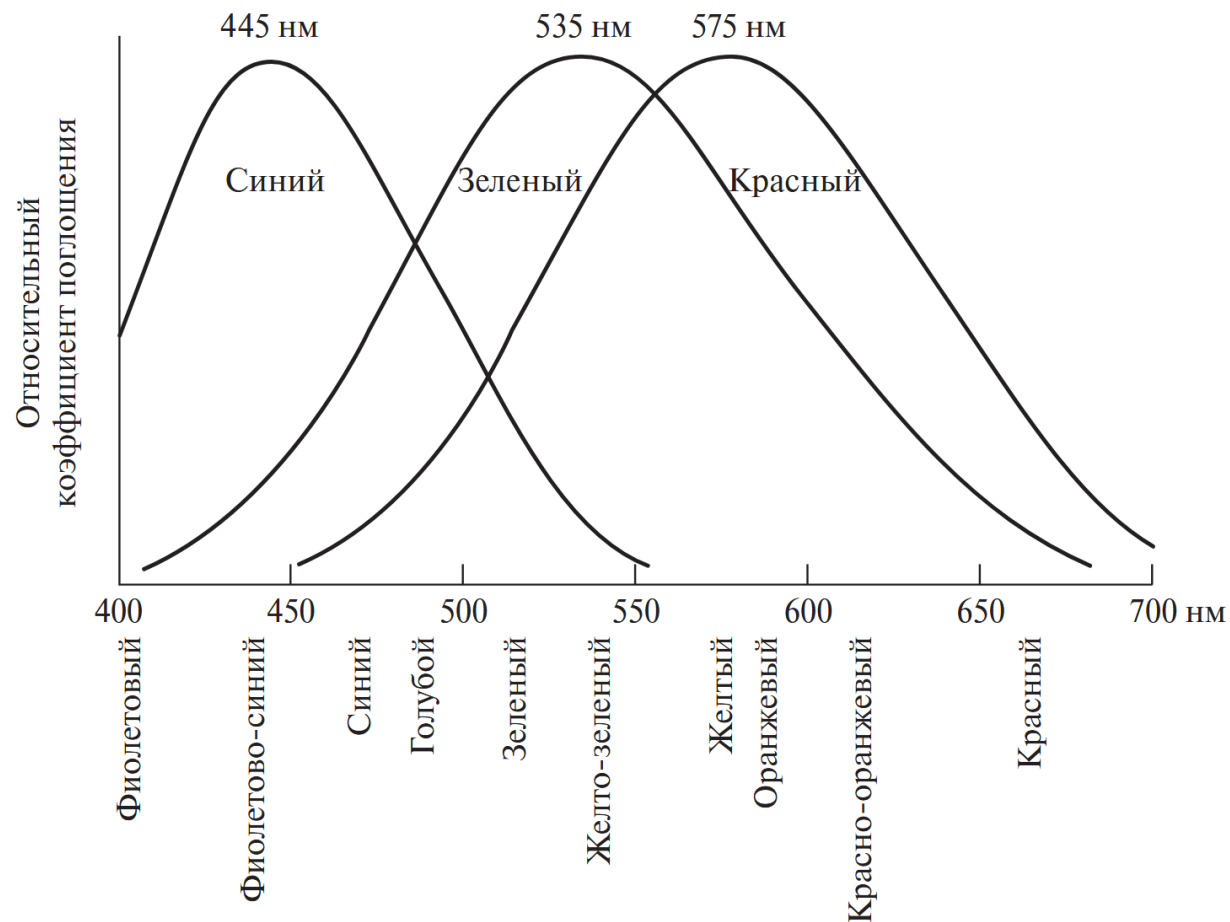


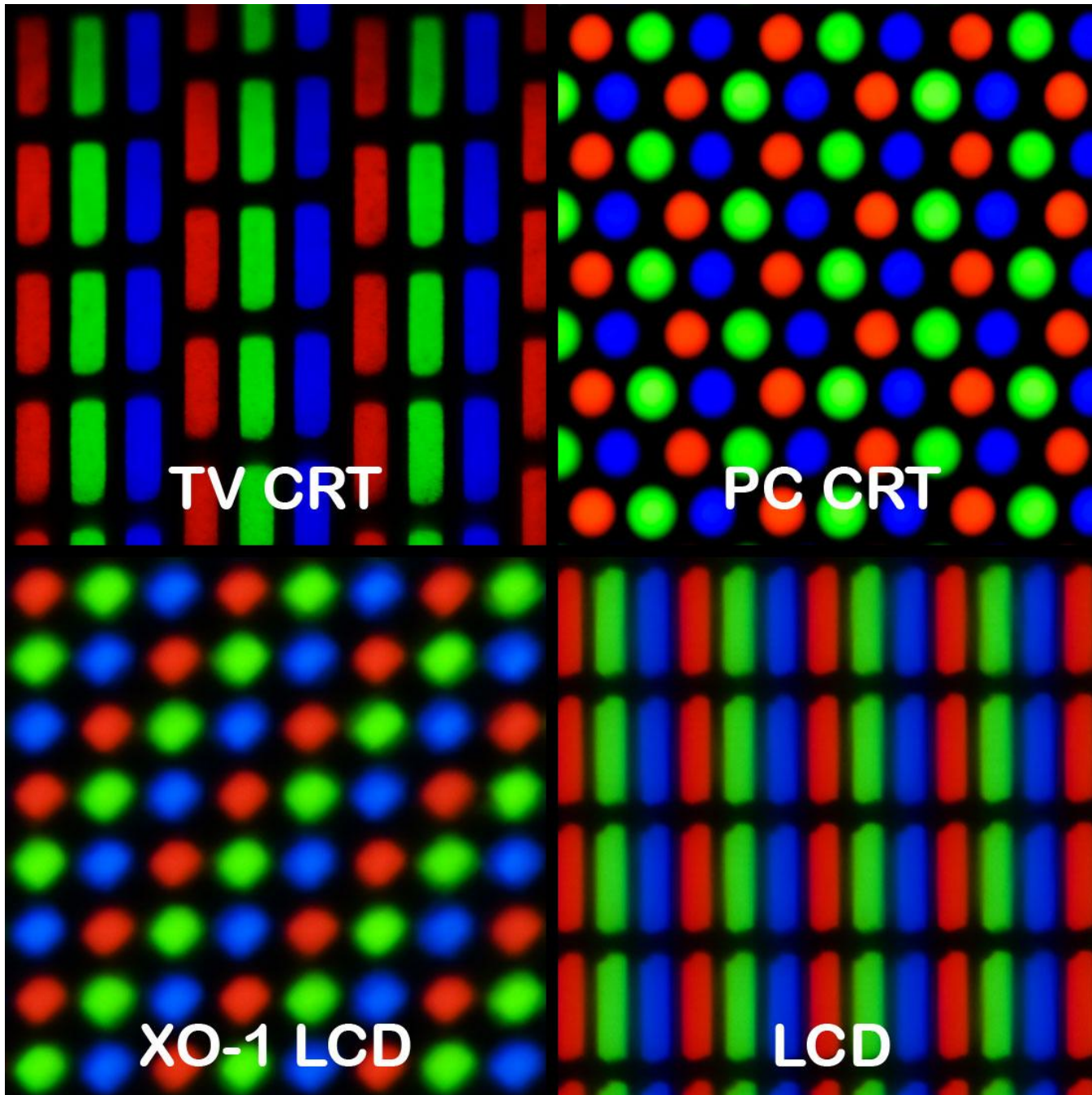
Рис. 6.3. Кривые спектральной чувствительности колбочек человеческого глаза (зависимость относительного коэффициента поглощения от длины волны)

Сложение **первичных** цветов = **вторичные** основные цвета (пурпурный, голубой, желтый)

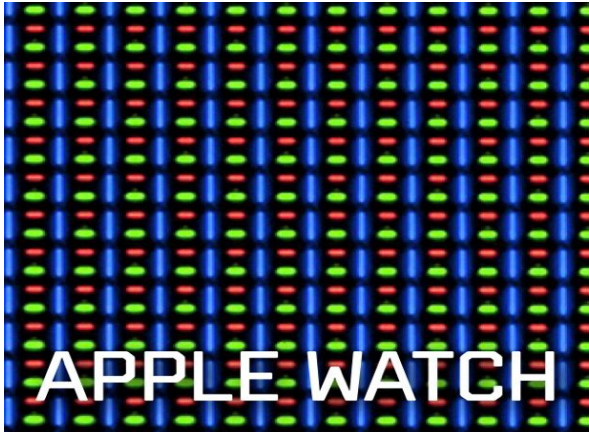
Вторичные цвета являются первичными цветами для **красителей**: цвет определяется как цвет красителя, который поглощает, или вычитает, некоторый один первичный основной цвет светового источника и отражает либо пропускает два оставшихся



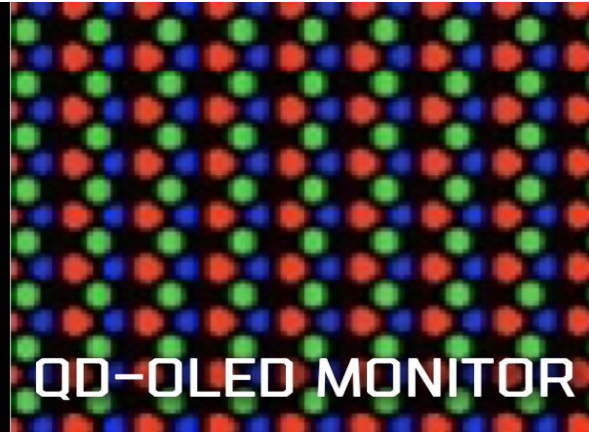
Рис. 6.4. Первичные и вторичные основные цвета световых источников и красителей. (Изображение предоставлено General Electric Co., Lamp Business Division)



Один пиксель состоит из трех “подпикселей”,
соответствующих каждому из каналов RGB



APPLE WATCH



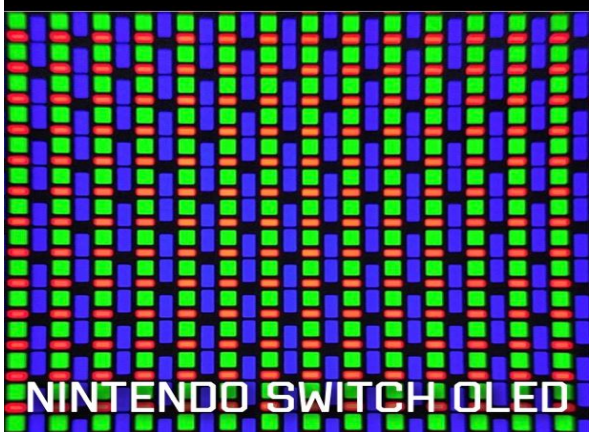
QD-OLED MONITOR



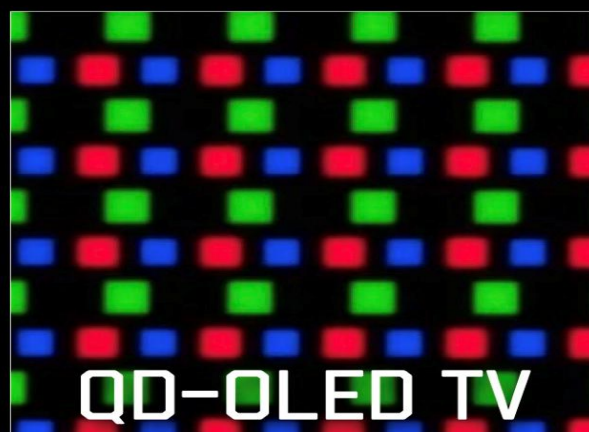
IPHONE



W-OLED



NINTENDO SWITCH OLED



QD-OLED TV

Диаграмма цветностей МКО (международная комиссия по освещению)

Диаграмма предназначена для задания цветов

Разработали стандартный набор
монохроматических первичных основных цветов
(приблизительно соответствует экспериментальным
данным)

Функция x (**красной**) и y (**зеленой**) координат
цветности. Значение **синей** координаты (z) можно
получить как $z = 1 - (x + y)$

Цветность = **цветовой тон** (доминирующий цвет,
воспринимаемый наблюдателем) + **насыщенность**
(связана с количеством белого цвета)

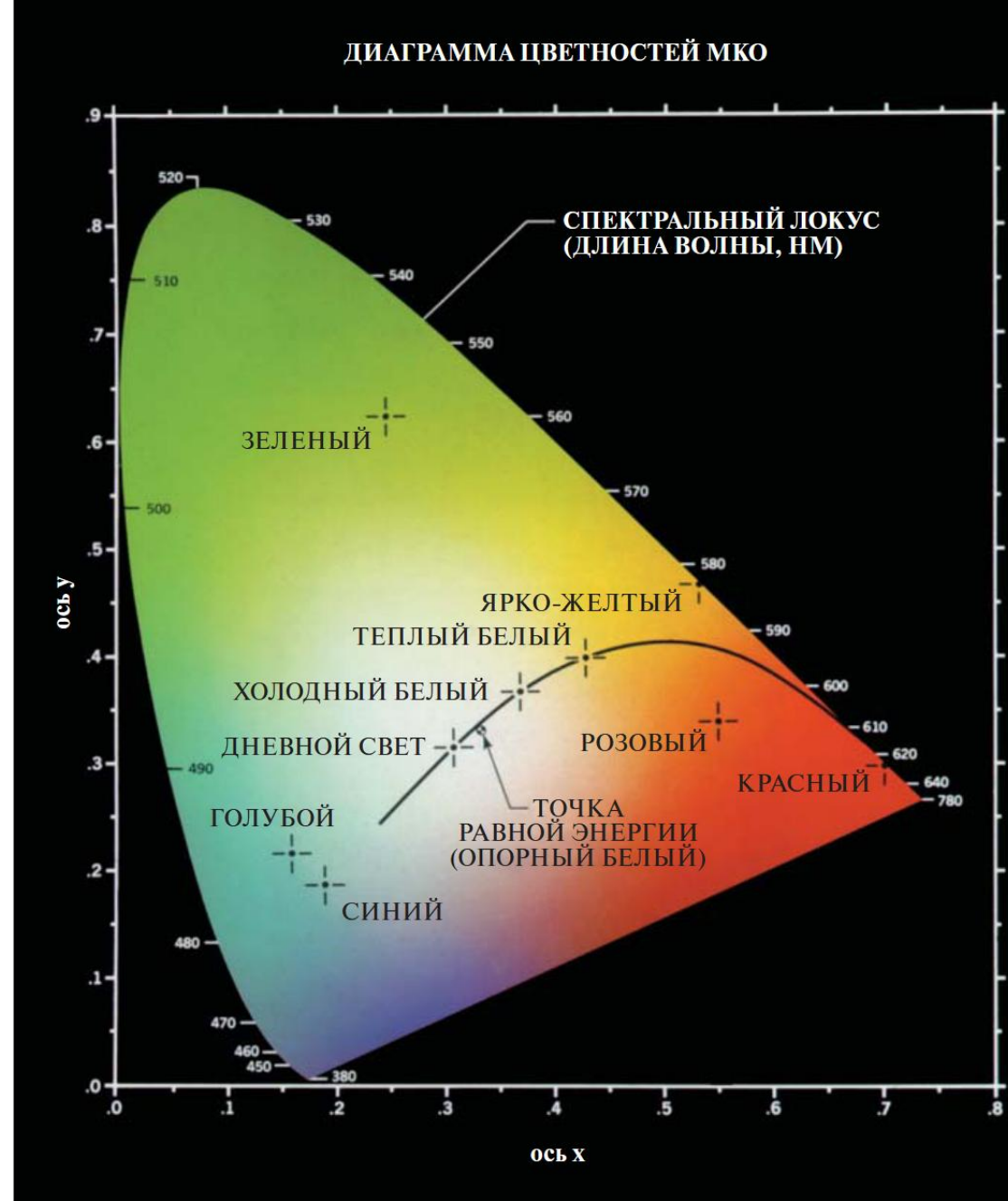


Рис. 6.5. Диаграмма цветностей. (Изображение предоставлено General Electric Co., Lamp Business Division)

- Наличие первичных цветов не означает, что **все** цвета спектра могут быть воспроизведены
- Отрезок, соединяющий 2 точки определяет цвета, которые можно получить путем смешивания этих 2-х цветов
- На границе диаграммы – чистые (монохроматические) цвета, внутри – смесь цветов
- Если 3 цвета смешиваем, то диапазон цветов, которые можно получить, лежат внутри треугольника

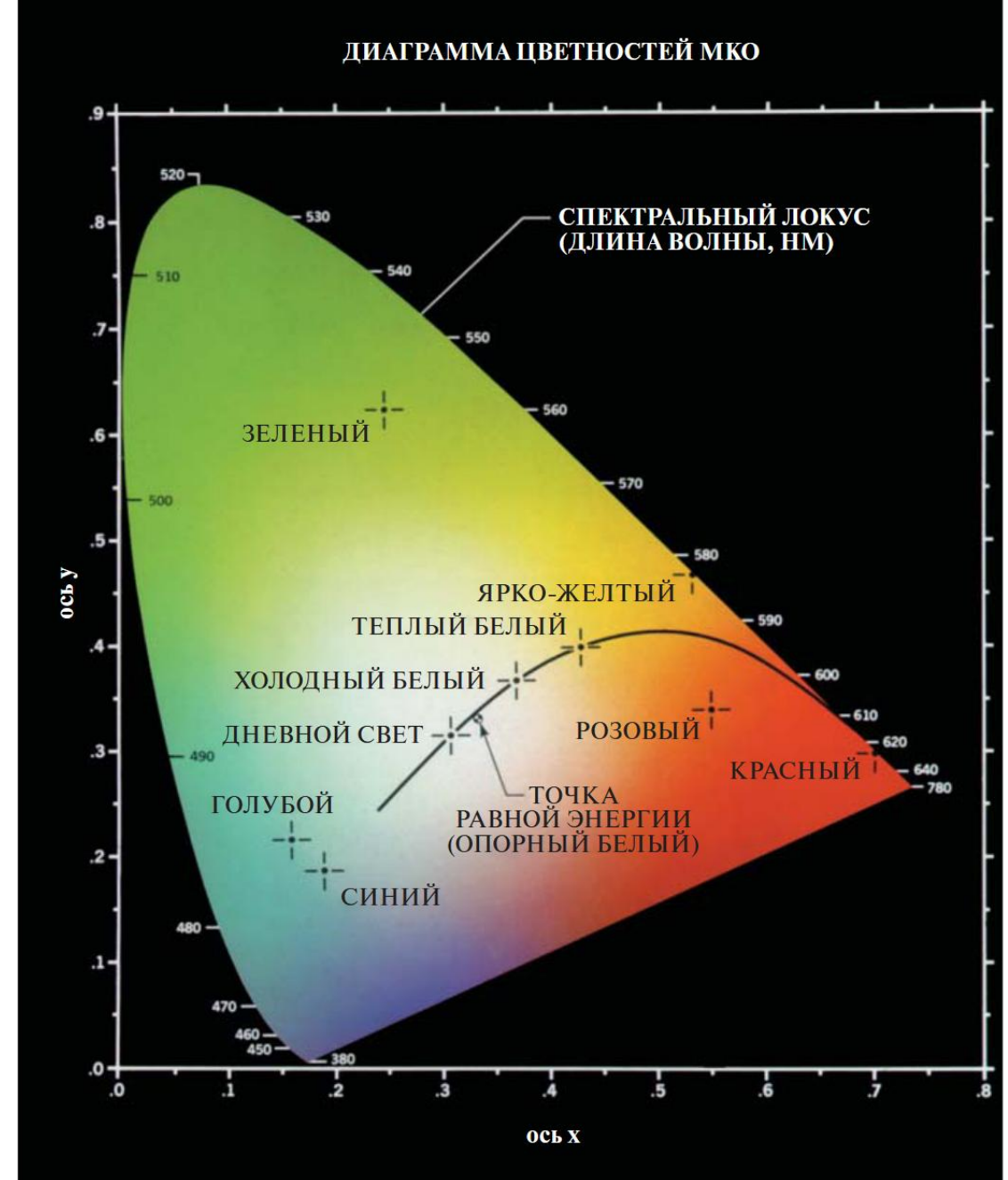


Рис. 6.5. Диаграмма цветностей. (Изображение предоставлено General Electric Co., Lamp Business Division)

У RGB мониторов треугольник
показывает диапазон воспроизводимых
цветов (цветовой охват)

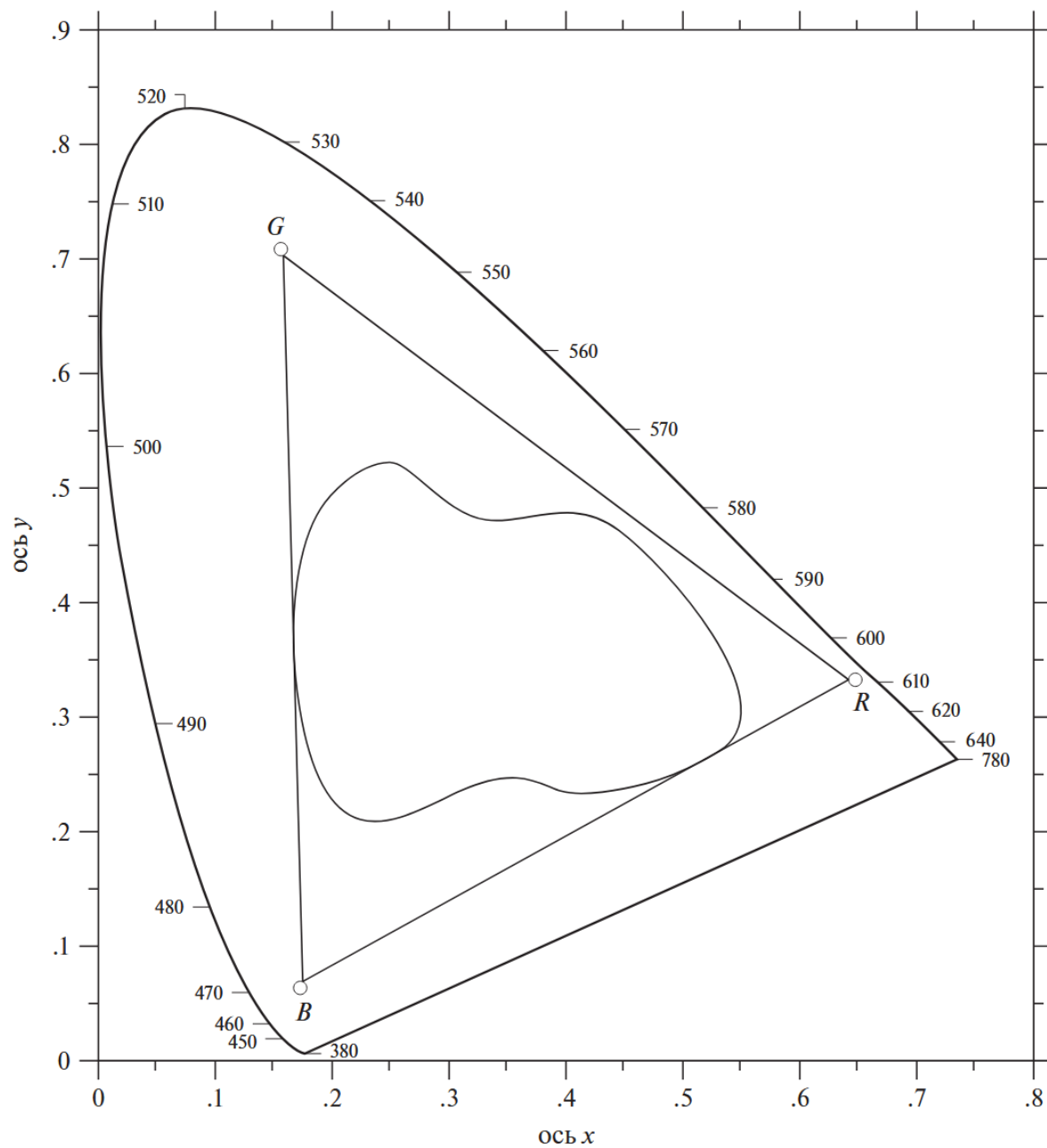
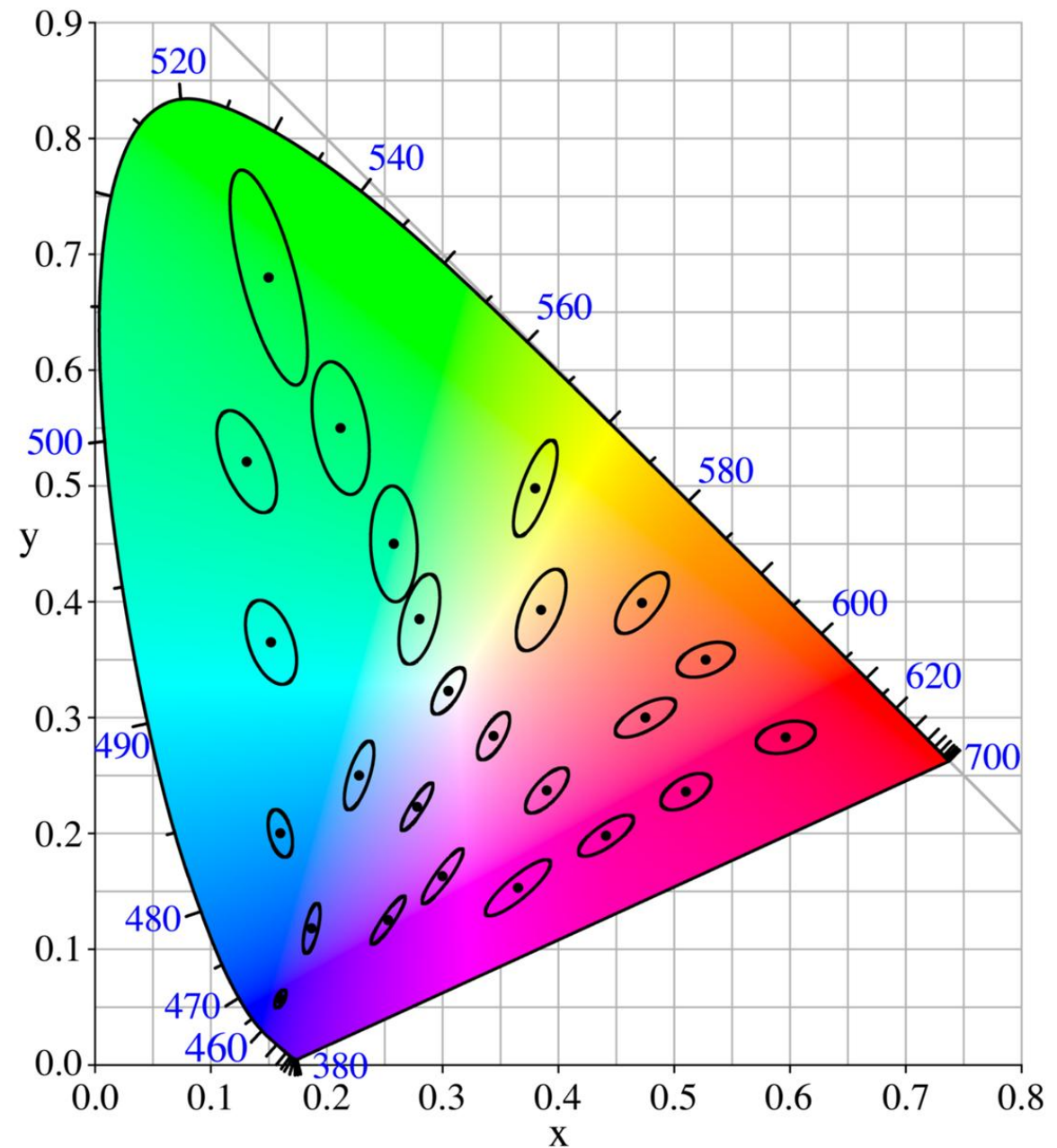


Рис. 6.6. Типичный цветовой охват цветного монитора (треугольная область) и цветного печатающего устройства (внутренняя область сложной формы)

Эллипсы МакАдама

Эллипсы порогового цветоразличения (примерно) показывают области на диаграмме цветности, неразличимые для среднего человеческого глаза



Цветовые модели. RGB

Цветовые модели (цветовое пространство) – некоторая система координат, в которой каждый цвет представляет собой точку в пространстве

RGB (Red, Green, Blue)

В основе три компоненты: **красный**, **зеленый**, **синий**

Пространство представляет собой куб

Число битов для представления пикселей – **глубина цвета** (как правило 8 бит на канал)

Число возможных цветов $(2^8)^3 =$

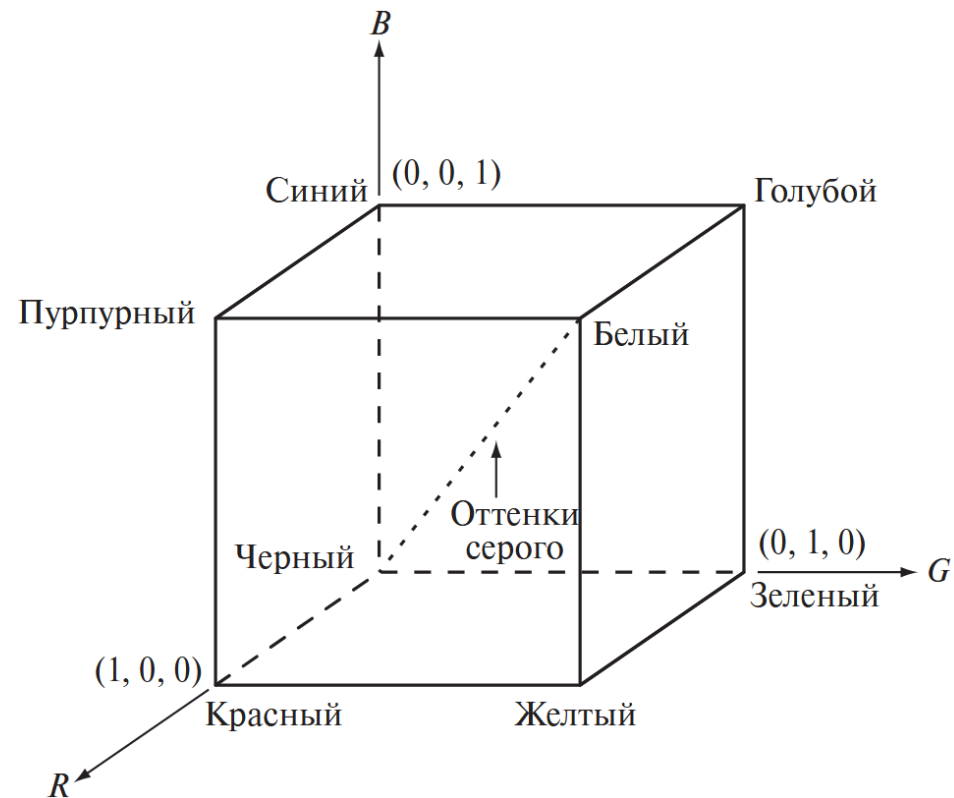


Рис. 6.7. Схематическое изображение цветового куба RGB. Точки на главной диагонали представляют оттенки серого цвета: от черного цвета в начале координат до белого цвета в точке (1,1,1)

Цветовые модели. RGB

Цветовые модели (цветовое пространство) – некоторая система координат, в которой каждый цвет представляет собой точку в пространстве

RGB (Red, Green, Blue)

В основе три компоненты: **красный**, **зеленый**, **синий**

Пространство представляет собой куб

Число битов для представления пикселей – **глубина цвета** (как правило 8 бит на канал)

Число возможных цветов $(2^8)^3 = 16777216$

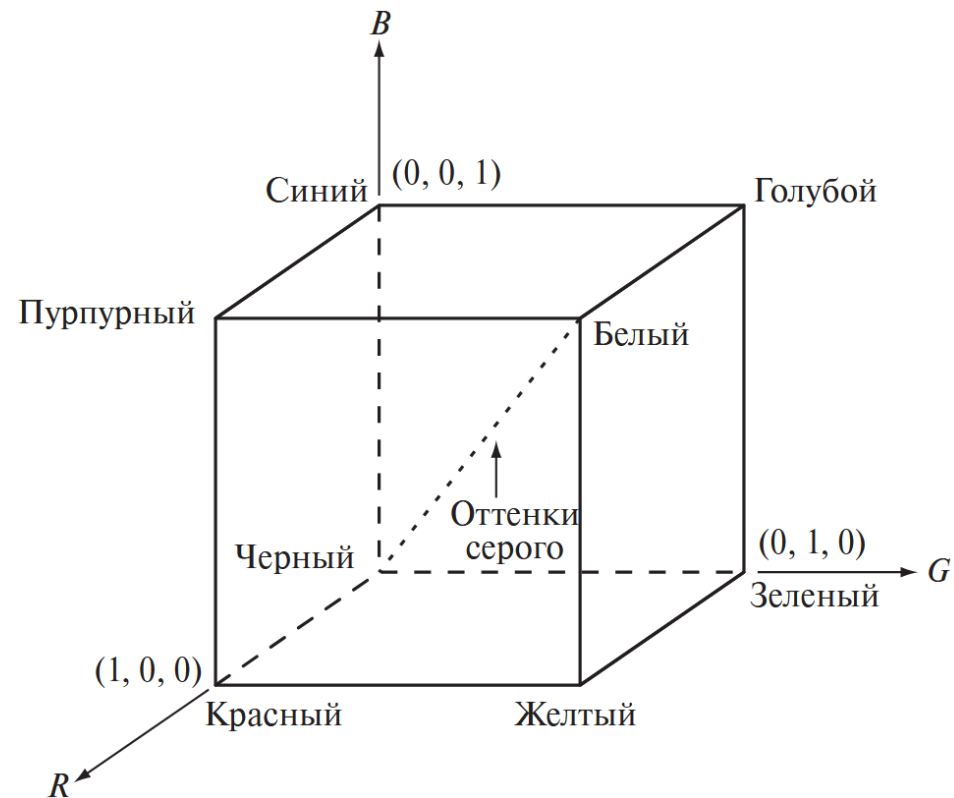


Рис. 6.7. Схематическое изображение цветового куба RGB. Точки на главной диагонали представляют оттенки серого цвета: от черного цвета в начале координат до белого цвета в точке (1,1,1)

Цветовые модели. CMY/CMYK

CMY/CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black / голубой, пурпурный, желтый, черный)

Пример: голубая краска освещается белым светом – красный не отражается, т.е. голубой краситель **вычитает** красный из белого

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = 1 - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$C + M + Y = \text{черный}$, но на практике (при печати) он получается тусклым, поэтому дополняют модель до CMYK

Четырехцветная печать – это CMY + black



Цветовые модели. HSI

HSI (Hue, Saturation, Intensity / цветовой тон, насыщенность, интенсивность)

Естественная модель для описания человеком

Информация о яркости отделена от цветовой

Преобразование из RGB в HSI

$$H = \begin{cases} \theta & \text{при } B \leq G, \\ 360^\circ - \theta & \text{при } B > G, \end{cases}$$

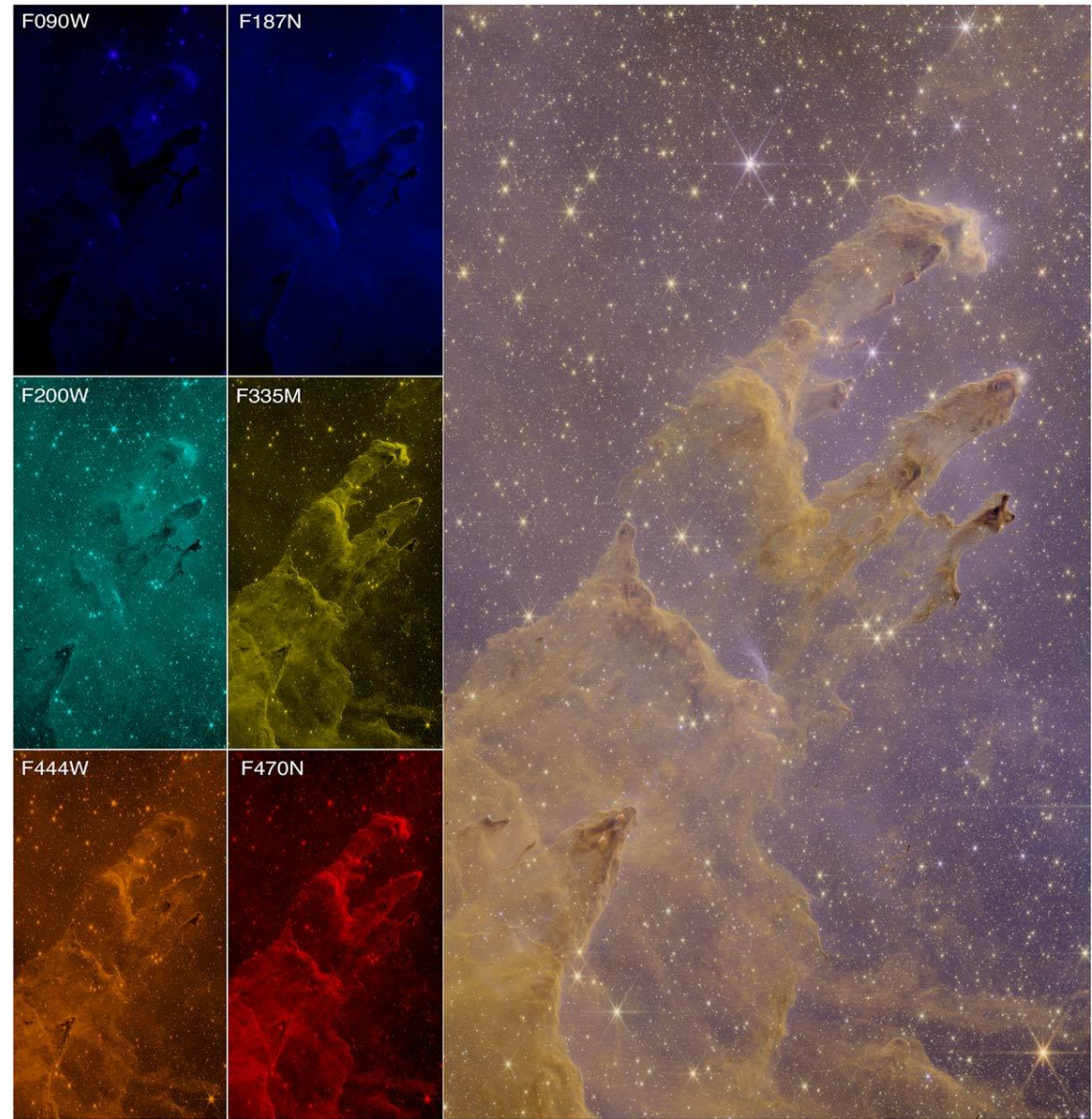
$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\}.$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)].$$

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B).$$

Обработка в псевдоцветах

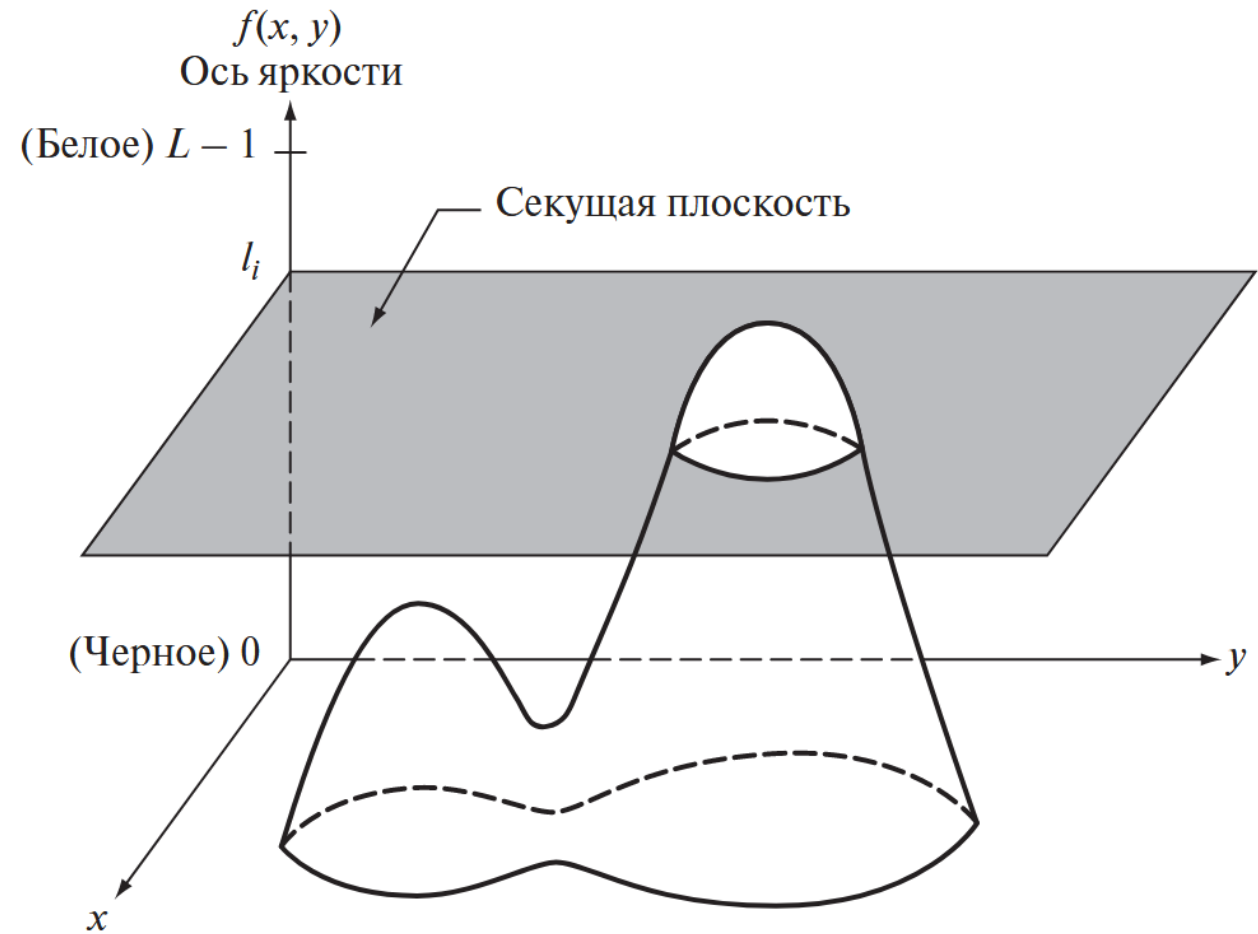
Присвоение цветов пикселям grayscale изображения



Слева: 6 изображений с камер телескопа Джеймс Уэбб в ближнем инфракрасном диапазоне. **Справа:** получившееся изображение

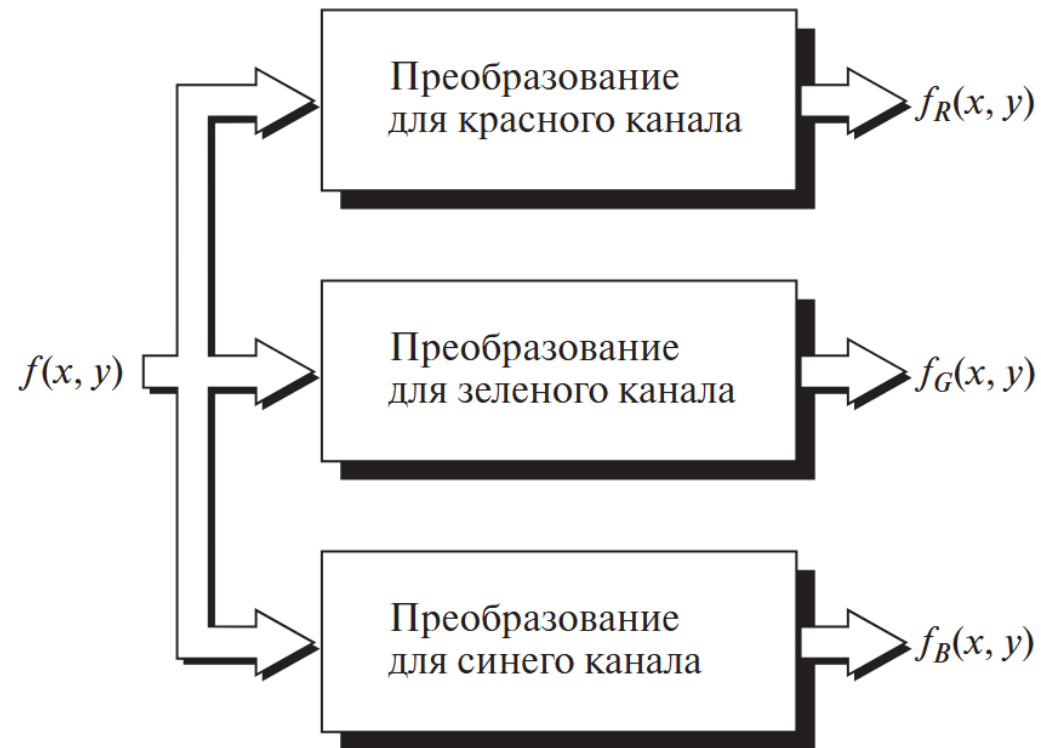
Обработка в псевдоцветах

Присвоение цветов пикселям grayscale
изображения



Обработка в псевдоцветах

В общем случае можно разные преобразования к разным каналам применять



Обработка цветных изображений

При работе с цветным изображением можно:

- Отдельно обрабатывать каждое значение цветного изображения (скаляр)
- Обрабатывать цветной пиксель как одно целое (вектор)

Чтобы **покомпонентная** и **векторная** обработка совпадали, метод должен быть применим как к скалярам, так и к векторам, а также, чтобы операции над каждой компонентой вектора не зависели от других компонент

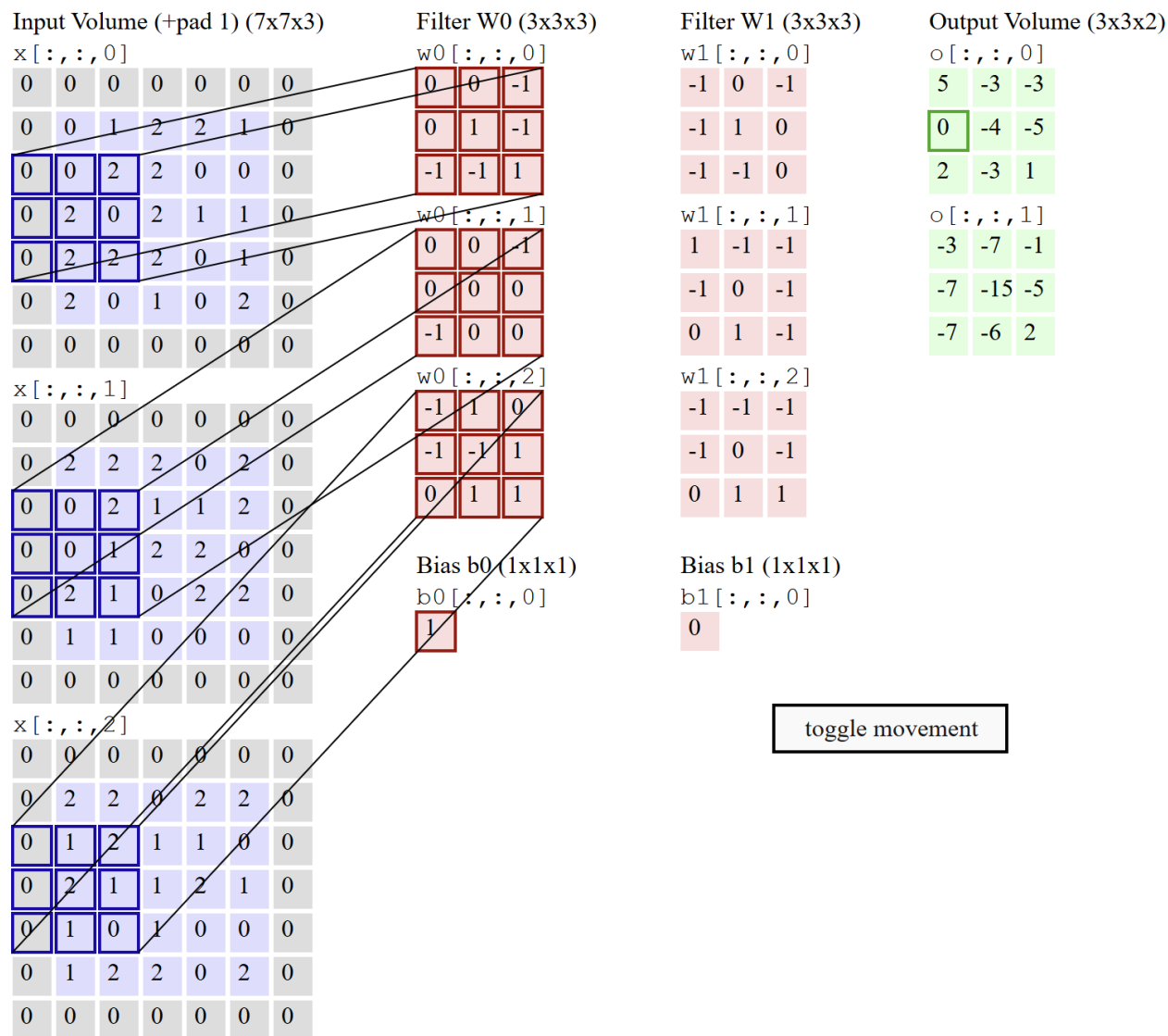
$$\mathbf{c}(x, y) = \begin{bmatrix} c_R(x, y) \\ c_G(x, y) \\ c_B(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x, y) \\ G(x, y) \\ B(x, y) \end{bmatrix}$$

Пример: повышение резкости

Лапласиан применяется к каждой компоненте

$$\nabla^2 [\mathbf{c}(x, y)] = \begin{bmatrix} \nabla^2 R(x, y) \\ \nabla^2 G(x, y) \\ \nabla^2 B(x, y) \end{bmatrix}.$$

Пример: сверточный слой в CNN



Пример: шум

Может иметь как одинаковые характеристики во всех каналах, так и разные

Если одна компонента RGB зашумлена, то преобразование в HSI приводит к распространению шума на все компоненты HSI

Результат применения линейного фильтра одинаков как для вектора, так и для скаляра

Медианный (нелинейный) фильтр таким свойством не обладает

