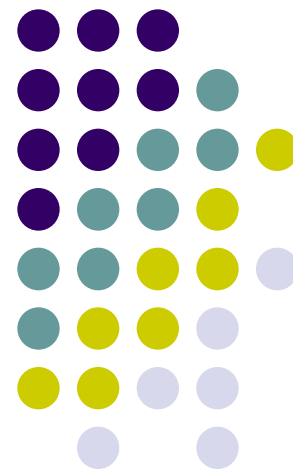


Методы и алгоритмы обработки сигналов и изображений Введение

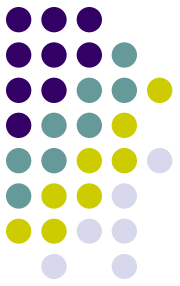
Корлякова Мария Олеговна
2015



ТЕМЫ



№ темы	число	тема
1	4	<i>Особенности представления и обработки сигналов и изображений в интеллектуальных системах</i>
2	4	<i>Выделение признаков в сигналах и изображениях при формализации и представления</i>
3	2	<i>Разложения изображений по ортогональным базисам и кодирование изображений</i>
4	2	Методы обработки информационных сигналов для улучшения изображений
5	4	Алгоритмы и методы для решения задач распознавания изображений
6	1	Методы и алгоритмы синтеза изображений .



Оценка

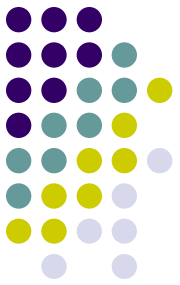
- Лабы (40%)
- РК (10%)
- Тесты на лекциях(20%)
- Посещение(30%)

Особенности представления и обработки сигналов и изображений в интеллектуальных системах



План:

- Классификация методов представления информации для интеллектуальной обработки.
- Плохо определенные задачи
- Основы формализаций для представления объектов и систем. Признак, объект, класс.
- Модели представления информации. Методы обработки информации.
- Система для интеллектуальной обработки информации (общая схема).
- Методы измерения расстояний для образов (повторение)



Интеллект

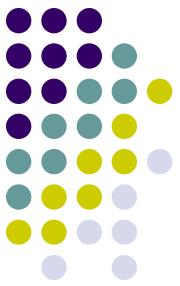
- Intellectus – лат.
- Intelligence – англ.
- artificial intelligence – искусственный интеллект
- ИИ (AI)
- Искусственные Интеллектуальные Системы – ИИС(AIS)



Примеры

- Чтение книги
- Собака узнает хозяина или другую собаку
- Росянка опознает муху
- Замок и ключ :-)





История

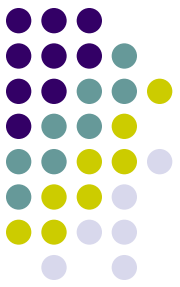
- Нейрофизиология и психология конец 19 века, начало 20-го века (Павлов - собака)
- Р.Фишер – дискриминантный анализ – 1936 г. (направление наибольшей различимости)
- Колмогоров А.Н. – Разделение смеси двух распределений 1936-1940
- Кибернетика – Н.Виннер - 1948г.
- Кластерный анализ –начало 20-го века
- Многомерное шкалирование 70-е
- Нейронные сети 50-е

Фигуры

- В.М.Глушков,
 - В.С.Михалевич,
 - В.С.Пугачев,
 - НП.Бусленко,
 - Ю.И.Журавлев,
 - Я.З.Цыпкин,
 - А.Г.Ивахненко,
 - М.А.Айзерман,
 - Э.М.Браверман,
 - М.М.Бонгард,
 - В.Н.Вапник,
 - Г.П.Тартаковский,
 - В.Г.Репин,
 - Л.А.Растрингин,
 - А.Л.Горелик и др.
- Р. Фишер
 - П.Ч. Махаланобис
 - Г.Хотелинг
 - Ф.Розенблатт
 - Хопфилд
 - Т.Кохонен
 - С. Пайперт
 - М. Минский
 - Р.Гонсалес,
 - У.Гренандер,
 - Р.Дуда,
 - Г.Себестиан,
 - Дж.Ту,
 - К.Фу,
 - П.Харт.



Основные цели разработки систем распознавания



- Освобождение человека от однообразных рутинных операций для решения других более важных задач.
- Повышение качества выполняемых работ.
- Повышение скорости решения задач.



Проблемы ИИ

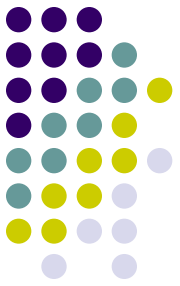
- Представление знаний
- Решение неформализованных задач
- Создание комплексных ИИ систем
- Интеллектуальный анализ данных
- Естественный язык и ЭВМ
- Обучение
- Моделирование разума
- Техническое зрение

Направление исследований

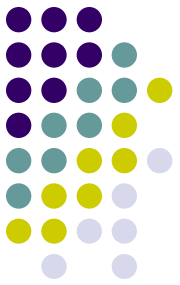


- Моделирование результатов интеллектуальной деятельности – машинный интеллект
- Моделирование биологических систем – искусственный разум(нейрокомпьютеры):
 1. Моделирование механизмов умственной деятельности (клеток мозга)
 2. Моделирование мыслительных операций
 3. Эвристическое моделирование (1+2)

Плохо формализованные задачи



- Нет числовой формы
- Цель не формализована
- Нет алгоритма
- Данные **не**полные, **не**точные, **не**однозначные, противоречивые



Типы знаний

- Факты (extensional)
- Законы (intensional)

- Глубинные
- Поверхностные

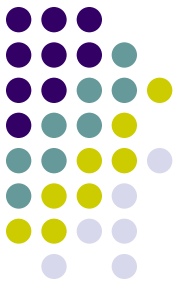
- Жесткие
- Мягкие



Данные и знания

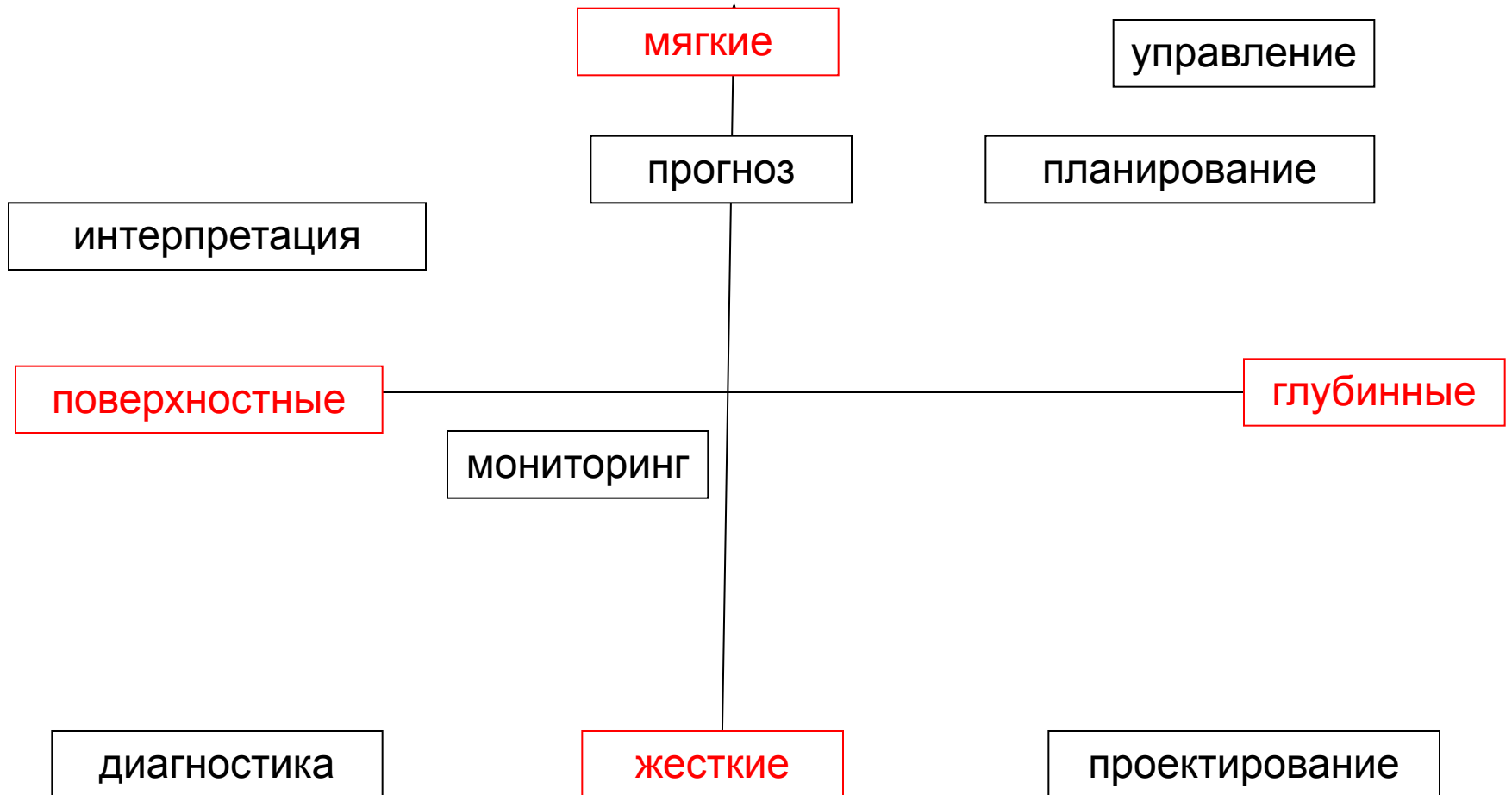
- Внутренняя интерпретируемость
- Структурированность
- Связность
- Семантическая метрика
- **Активность**

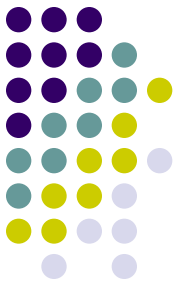
Задачи ИИС



- Интерпретация
- Прогноз
- Диагностика
- Мониторинг
- Управление
- Планирование
- Проектирование

Задачи ИИС





Классификация ИИС

- Изменяемость среды
 - Статическая
 - Динамическая
- Тип представления знаний
 - Логические и Продукционные
 - Иерархические (сети, сценарии и фреймы)
 - Нечеткие
 - Нейросетевые

Классификация ИИС

- Тип вывода (способ получения ответа)
 - Дедукция
 - Индукция
 - Абдукция
 - Нейросетевой вывод



Образ не объект



- Описание не полностью представляет объект
- Описание зависит от задач
- Описание содержит погрешности представления
- **Любой образ представляется некоторым набором признаков**
- **Основное назначение описаний (образов) - это их использование в процессе установления соответствия объектов**

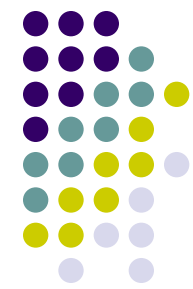
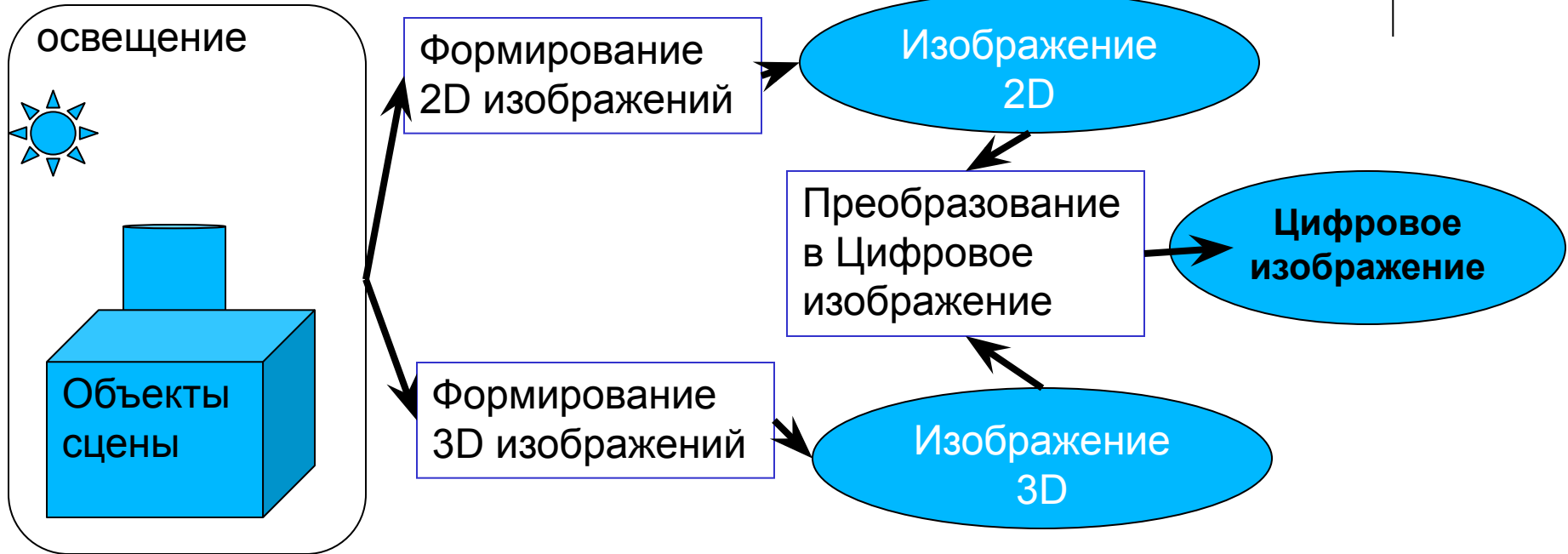


Рисунок 1. Методы обработки цифровых изображений

Схема обработки информации. Изображения



Объект → датчик → сигнал → цифровое описание сигнала

Схема обработки информации. Изображения

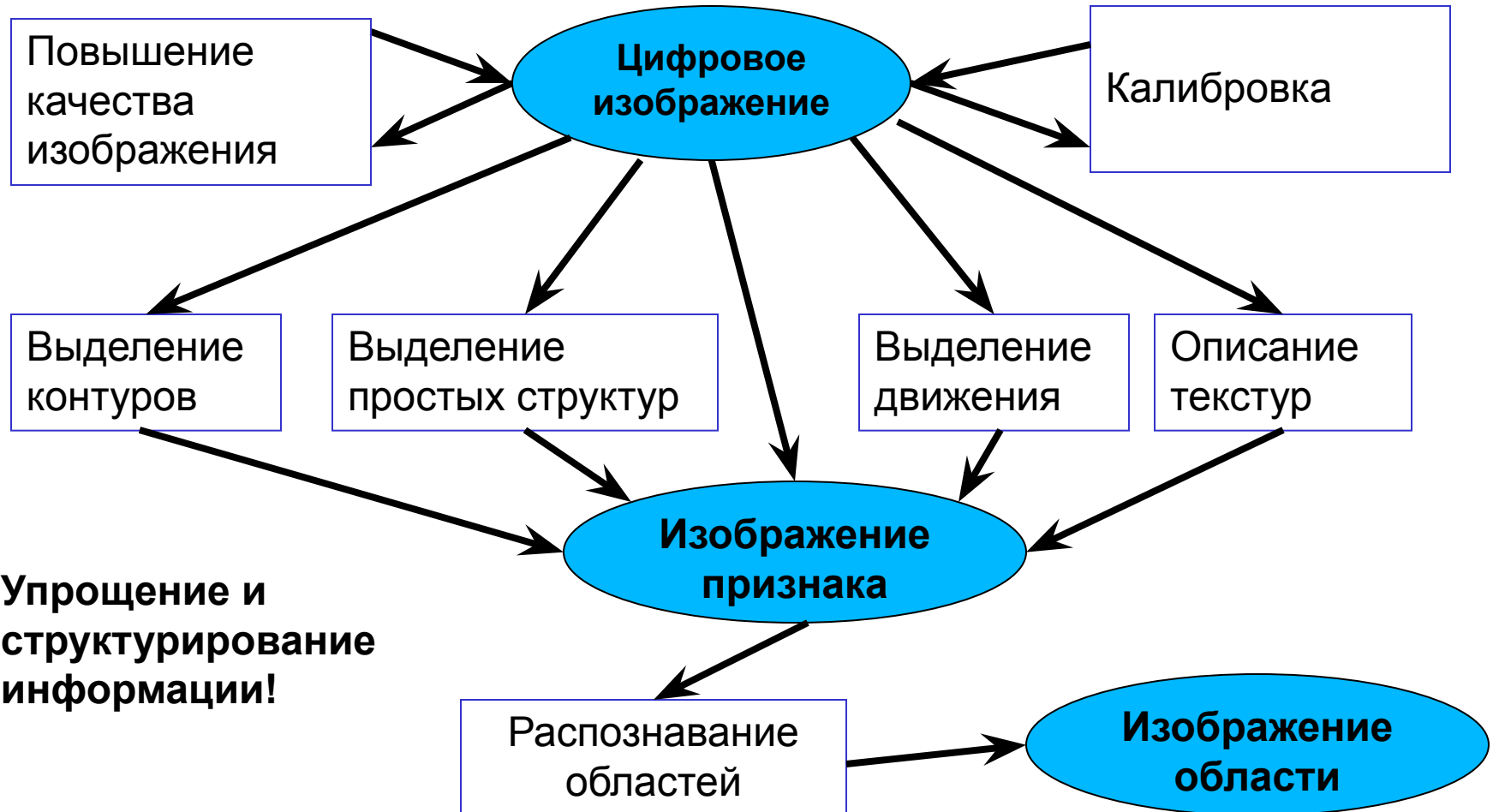
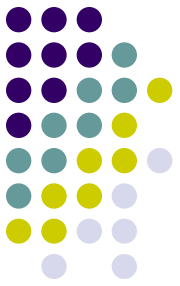
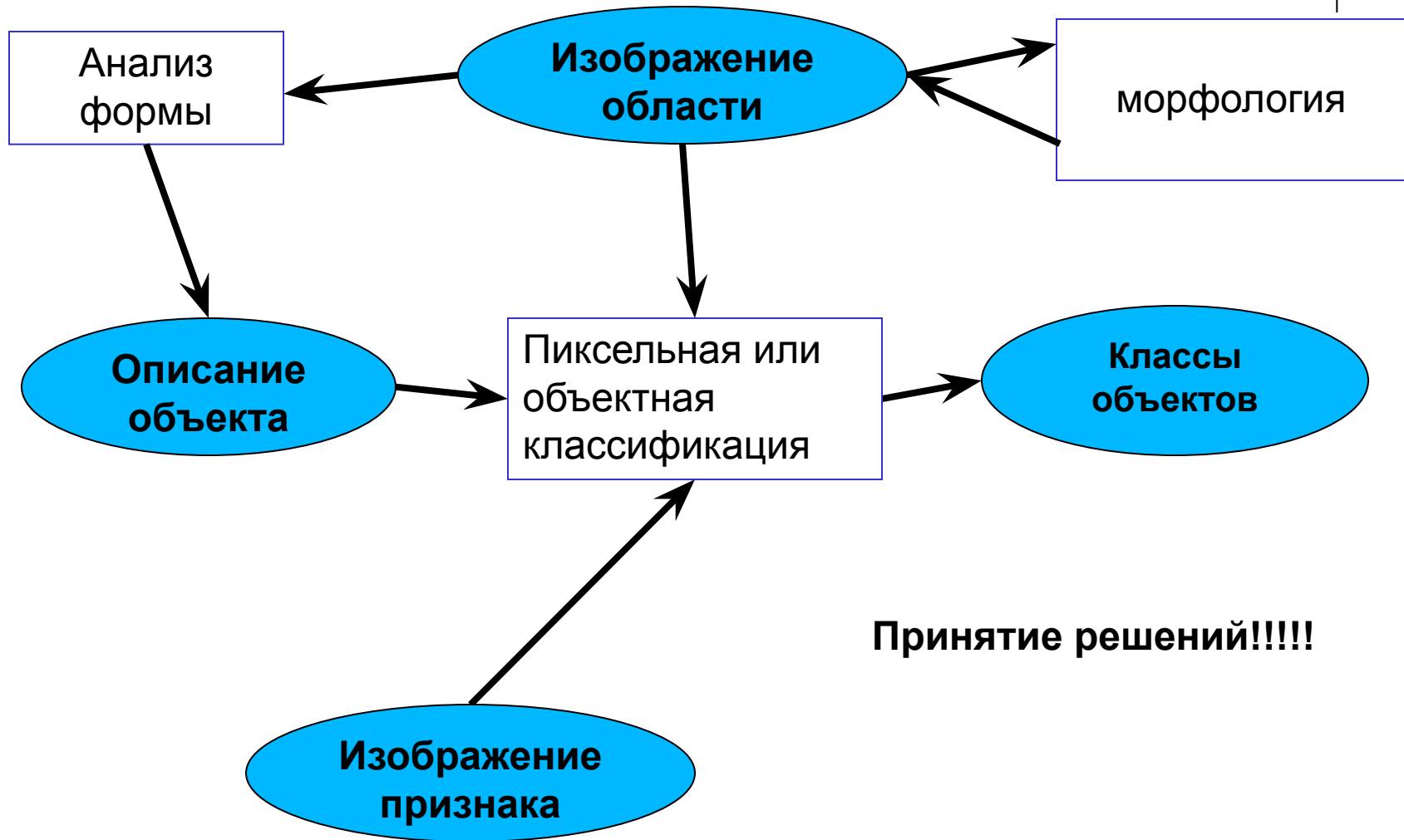


Схема обработки информации. Изображения



Построение систем интеллектуальной обработки информации



- Построение признаков
- Селекция признаков
- Подавление помех
- Преобразование признаков
- Отнесение к группе объектов (образу)
- *Формирование групп объектов (образов)*



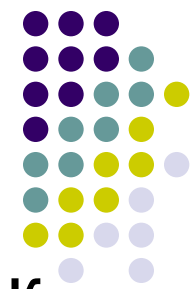
литература

- Методы современной и классической теории управления. Т5. - 2004
- Математические методы распознавания образов. Курс лекций. МГУ, ВМиК, кафедра «Математические методы прогнозирования», Местецкий Л.М., 2002–2004.

Тема 2. Задача распознавания образов как выделение характерных признаков

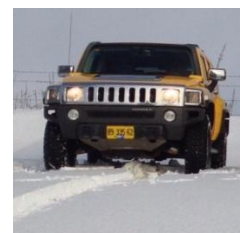


- План:
- Общая задача классификации.
- Классы.
- Описания классов вероятностное (параметрическое, непараметрическое), логическое.
- Меры компактности объектов в множествах, расстояния: Евклидово, по Хеммингу
- Признаки для описания объектов.



Задача классификации

- Разделить объект на 2 группы и сказать к какой из них относиться новый объект:





Класс

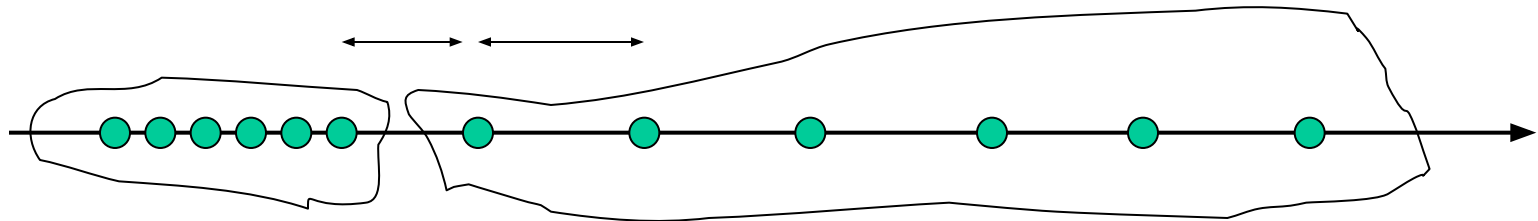
- **классы - это объединения объектов (явлений), отличающиеся общими свойствами, интересующими человека.**
-
- **цель распознавания – принятие решения об отнесении объекта к тому или иному классу.**



Гипотеза компактности

- *Классическая. Реализация одного и того же образа, обычно, отображается признаком пространства геометрически близкими точками.*
- Гипотеза λ -компактности

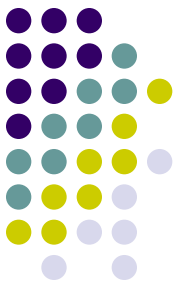
Расстояние мало, но есть неоднородность.





Рабочие утверждения

- Необработанное представление информации увеличивает ошибку обобщения нейронной сети и время на ее обучение.
- Состав и порядок представления объектов значительно влияет на результат обучения нейронной сети.

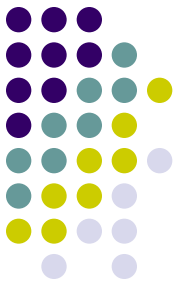


Проблема

- Необходимо отобрать интересные составляющие описания объекта – селекция : А КАК?
- Необходимо определить правильное преобразование описания объектов – выбор способа обработки : А КАКОЕ?
- Реализация дополнительного алгоритма преобразования описания объектов увеличивает время обработки данных : ВСЕ ПРОПАЛО?

Описание классов по признакам

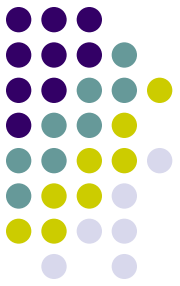
- Столы для работы



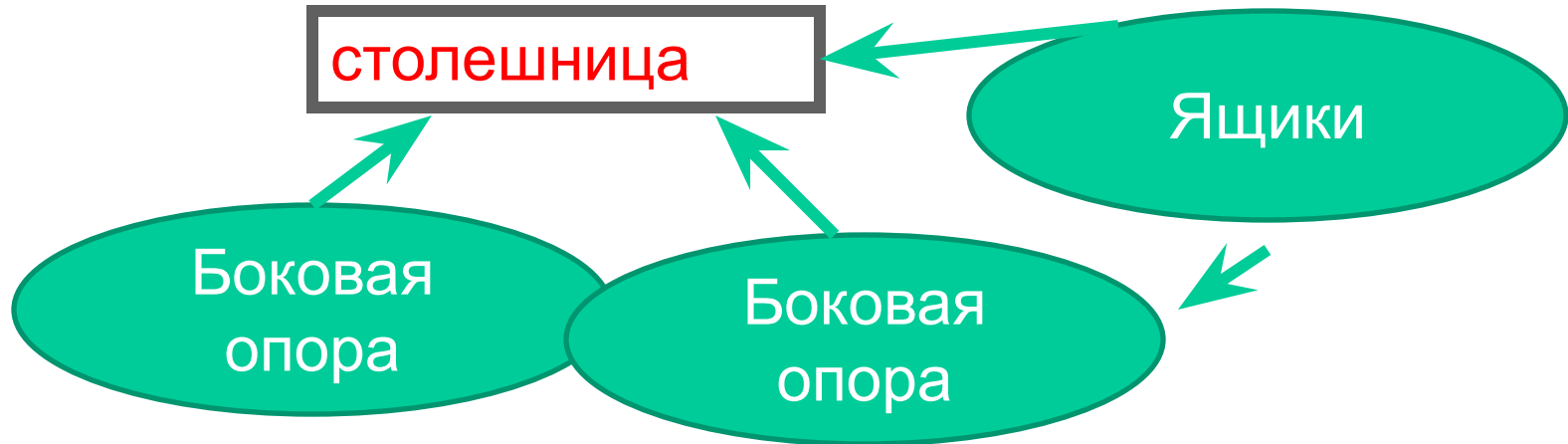
признак	Длина, м	Ширина, м	Число ящиков
Стол 1	1	0.6	3
Стол 2	1.5	0.7	5
Стол 3	3	0.7	4

- | признак | Длина, м | Ширина, м | Число ящиков |
|---------|----------|-----------|--------------|
| Стол 1 | 1.6 | 1.2 | 1 |
| Стол 2 | 1.5 | 0.8 | 0 |
| Стол 3 | 3 | 1.25 | 0 |

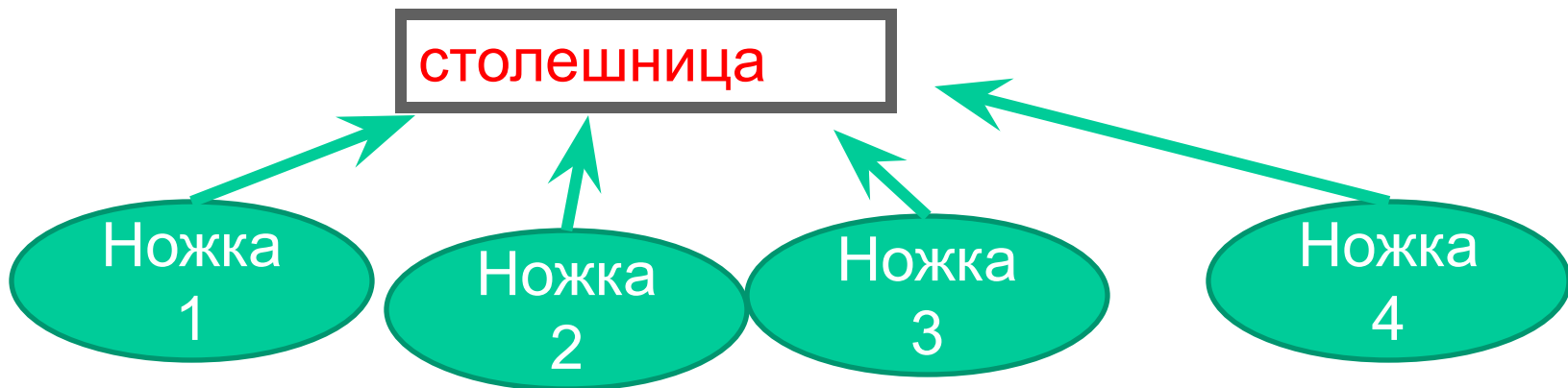
Описание классов структурами



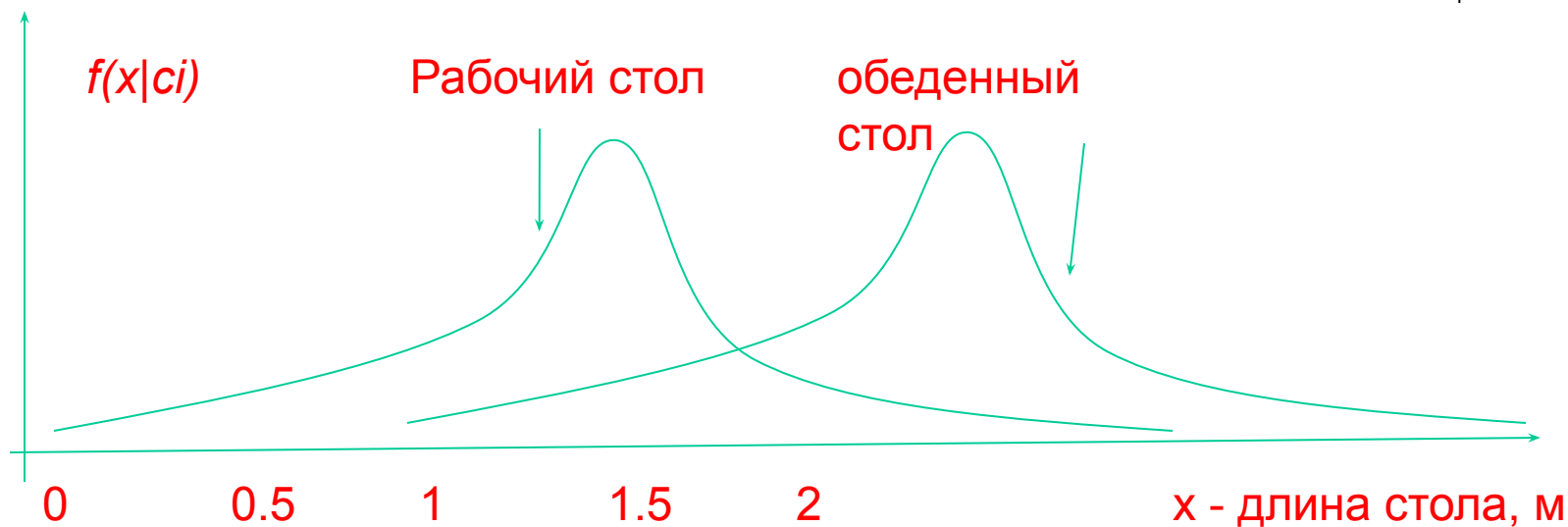
- Столы для работы

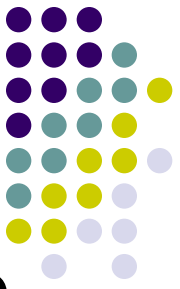


- Столы для обеда



Описания классов вероятностное





Логическое описание образа

- Обеденный стол содержит несколько (не менее 1) ножки и немного ящичков (не более 2), его столешница имеет отношение ширины к длине не более $1/2$

Расстояния между объектами – object distance



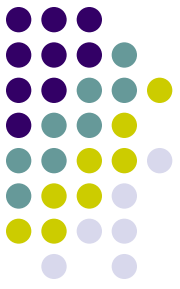
- Метрики : Минковский (упорядоченные признаки)
- Меры: Хемминг (номинальные признаки)
- Число преобразований (структурное расстояние)
- Луна – Лупа – Липа – Лига – Лира – Мира – Мирт – Март – Марс

Расстояние между множествами



- Ближний сосед
- Средний
- Дальний сосед

- Метрика Хаусдорфа



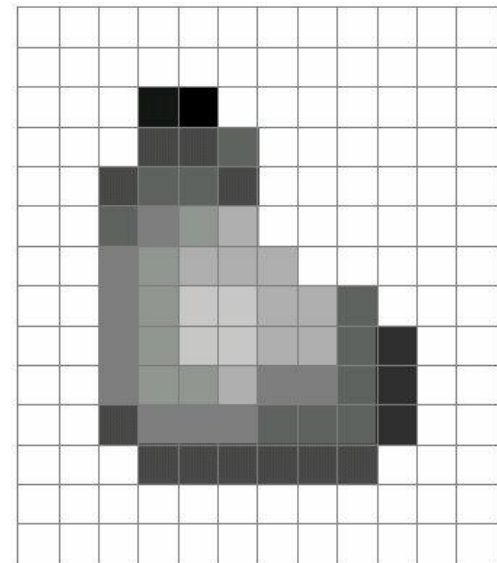
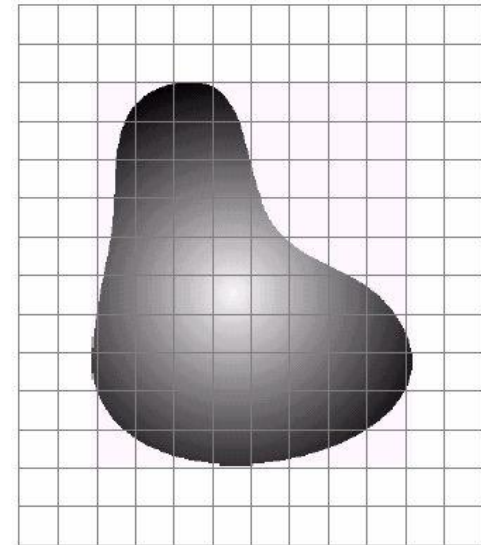
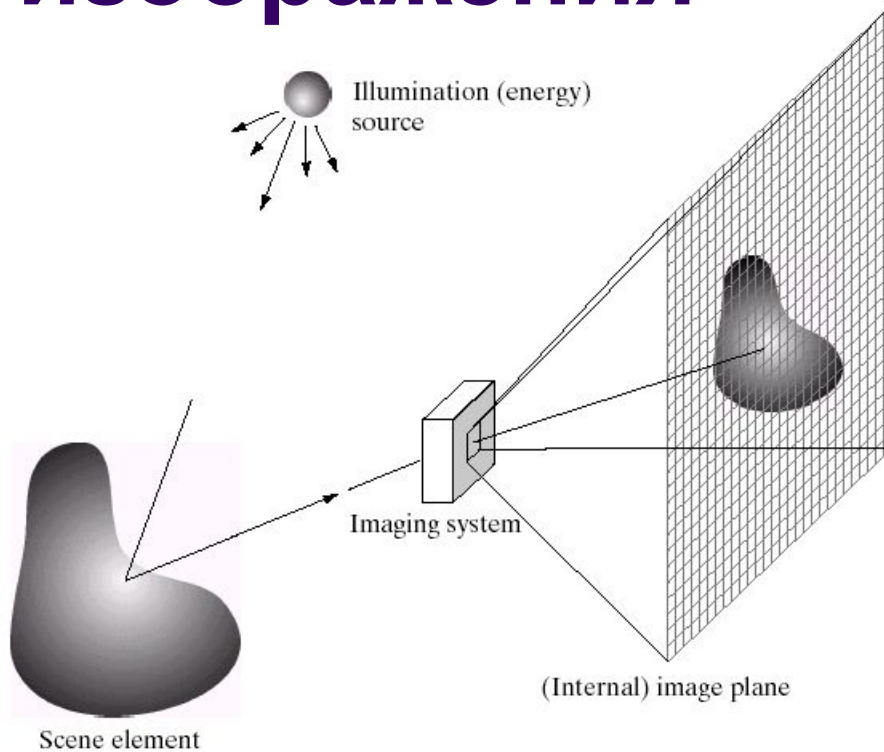
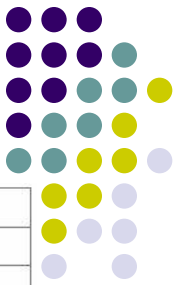
Датчик

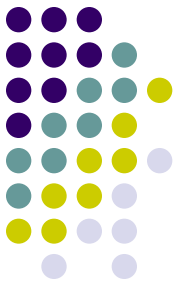
- Преобразование внешнего мира в цифровое описание доступное компьютерной обработке
- Аналогово-Цифровое Преобразование – АЦП – Digitizer
- Квантование
- Дискретизация

Преобразование оптического сигнала



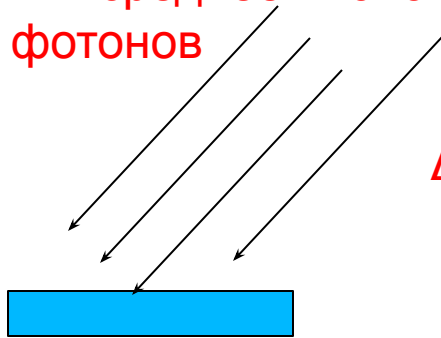
Получение пиксельного изображения





Получение изображения

N – среднее число
фотонов



Δt – экспозиция

$\lambda = N/\Delta t$ - средний поток фотонов

Пуассоновский процесс

$$M = \lambda \Delta t$$

$$\sigma^2 = \lambda \Delta t$$

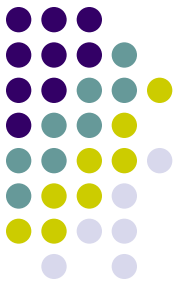


Шум датчика

- Для высокоуровневого сигнала - нормальное распределение
- $N(Q_e, \sqrt{Q_e})$
- Q_e – число фотонов за время экспозиции

$$\eta = \frac{Q_e}{Q_p}$$

- Q_p – число возбуждаемых электронов



Шум датчика

- *общее число порождаемых зарядов*
- $Q = Q_0 + Q_e$
- $\sigma^2_Q = \sigma^2_{Q_0} + \sigma^2_{Q_e}$

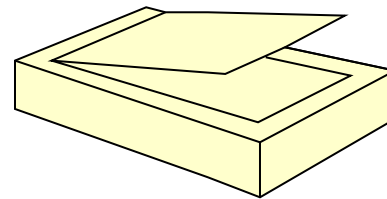
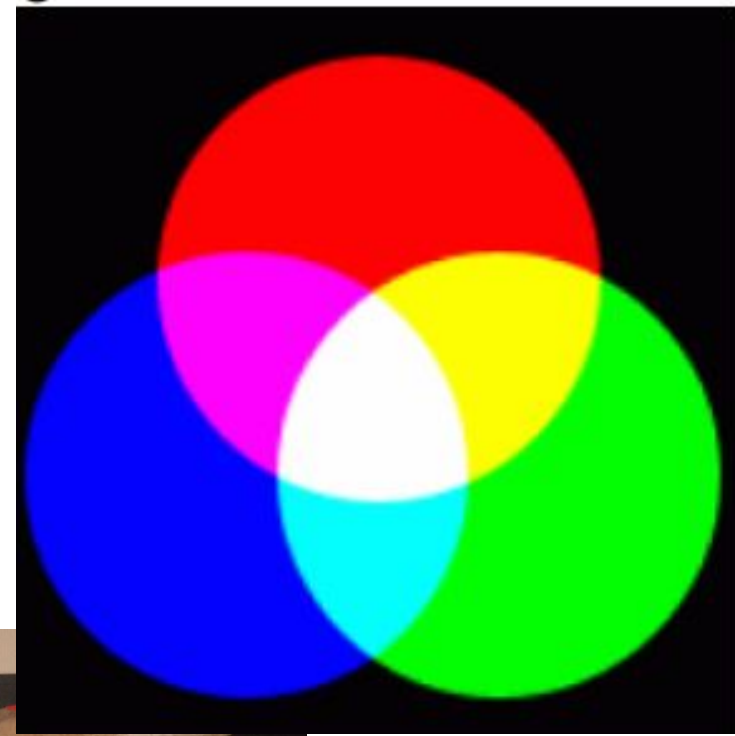
- *Цифровые схемы линейны*
- $g = KQ$ – *цифровой сигнал*
- $\sigma^2_g = K^2 \sigma^2_{Q_0} + K^2 \sigma^2_{Q_e}$
- $Q_e = \sigma^2_{Q_e}$
- $\sigma^2_g = \sigma^2_0 + Kg$ - *линейный рост дисперсии от g*

Цветовая модель датчика



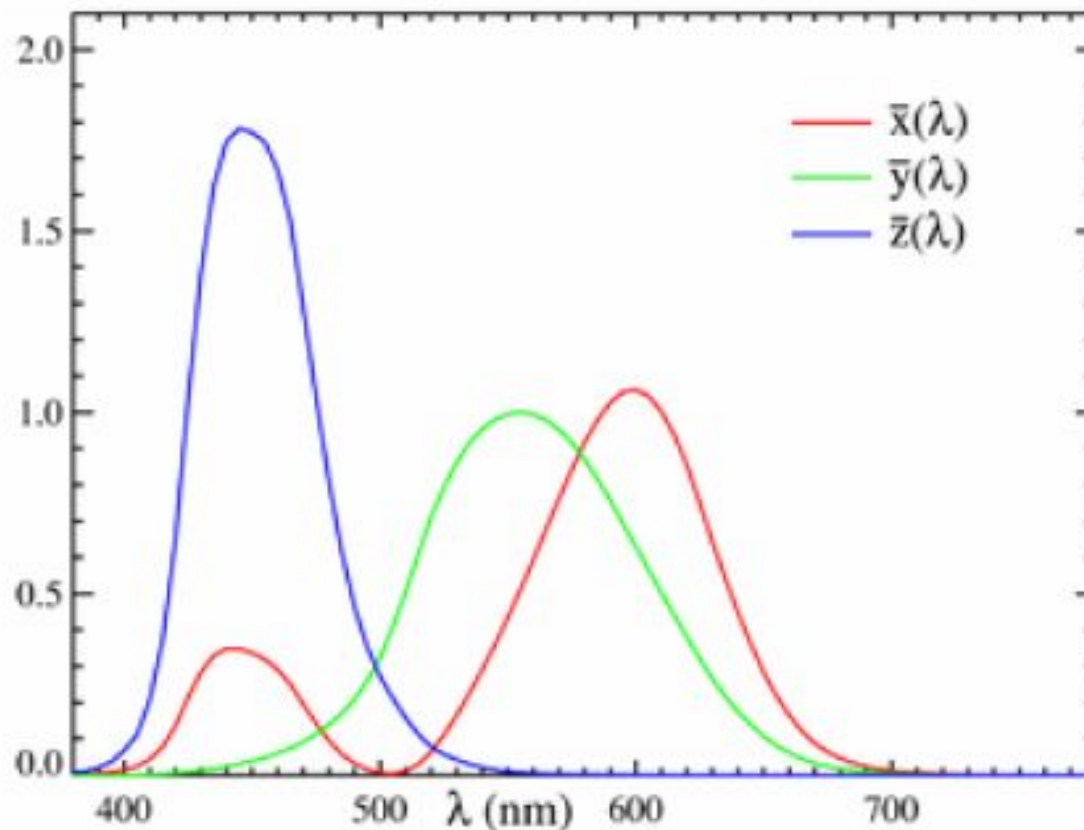
Типы изображений

- Рисунок
- Фотография
- Оптическое
- электронное





Чувствительность человека



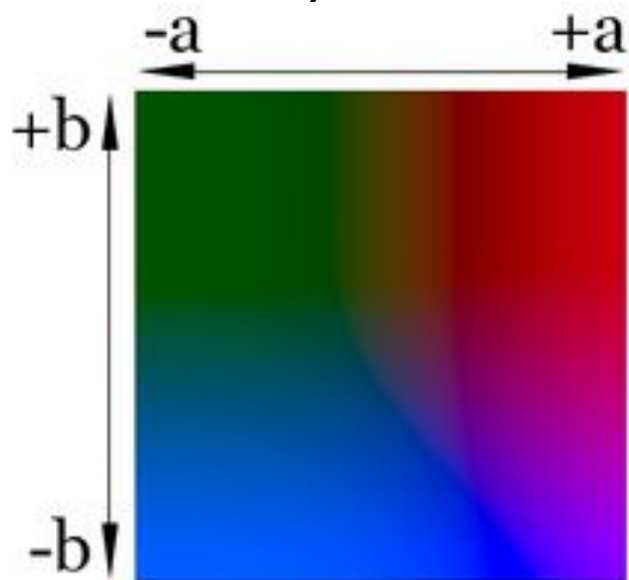
Функции чувствительности XYZ для стандартного наблюдателя согласно CIE 1931, в диапазоне от 380 - 780 нм



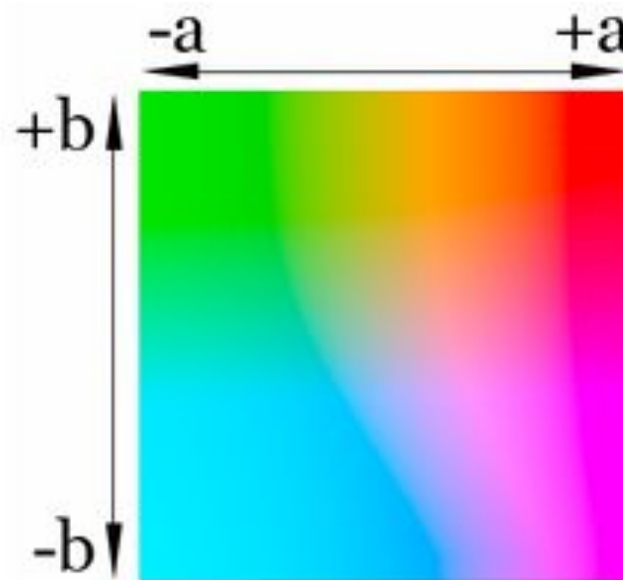
Lab

Яркость(L) - brightness

Тон (a –зеленый-пурпурный, b – синий-желтый)



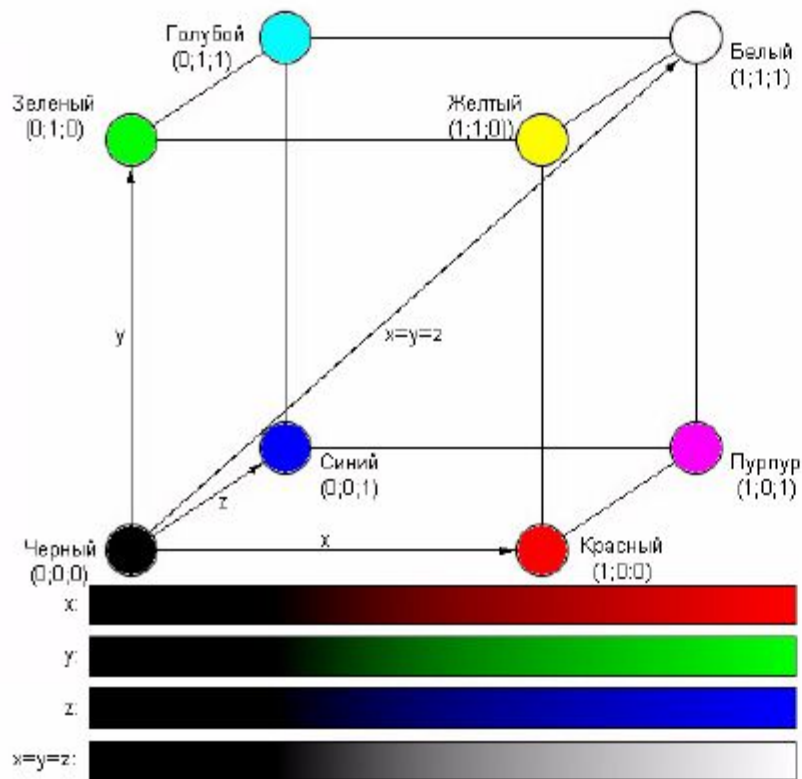
а) Яркость 25 %



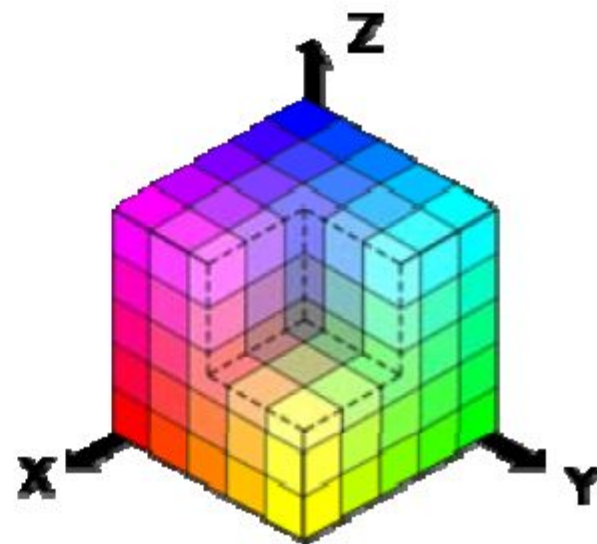
б) Яркость 75 %

--- Цветовая система Lab

color model - RGB



a)



б)



• RGB R

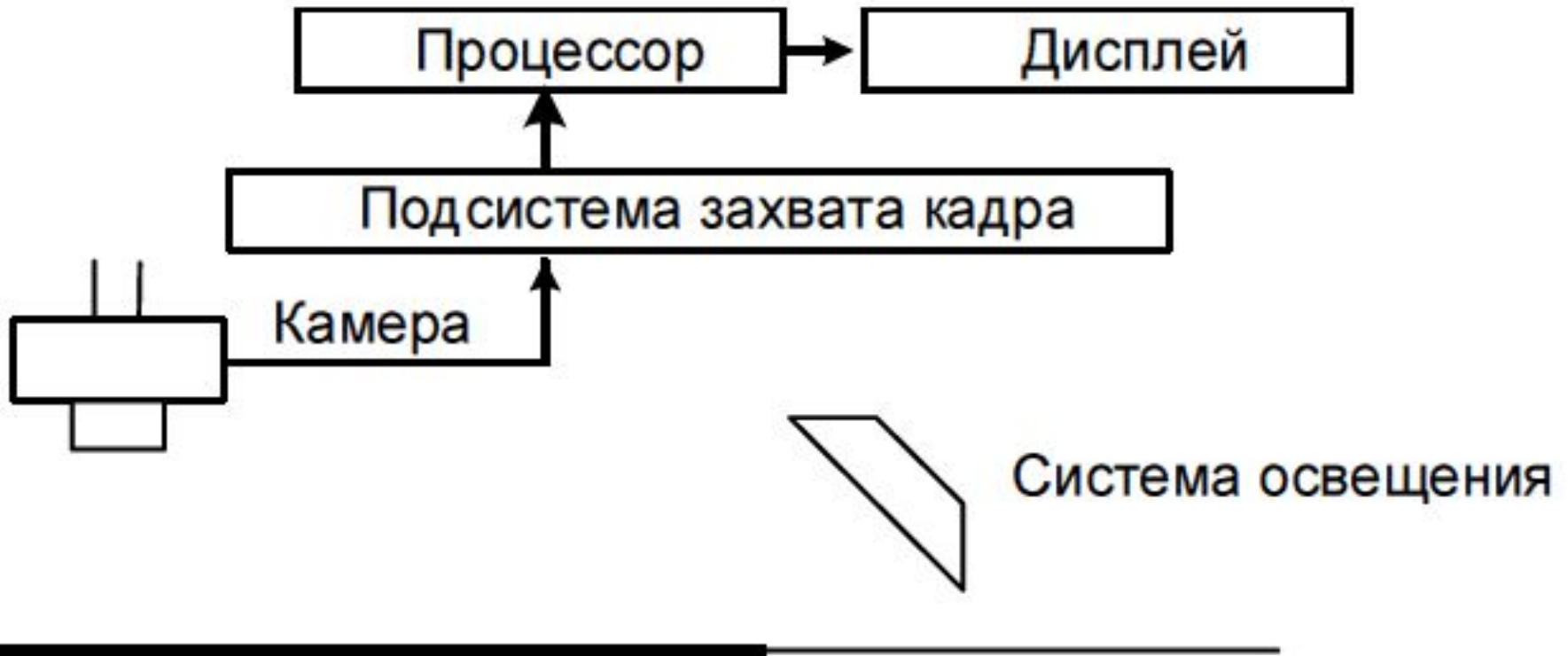
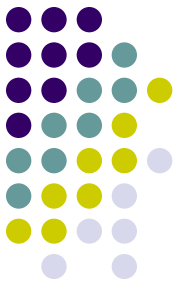


Формирование сигнала-изображение



- МИР – освещенные объекты сцены
- Датчик – фотосенсор
- АЦП
- Формат хранения

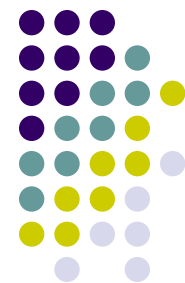
Схема видеоподсистемы ЭВМ



Приемники

- Камеры
- Сканеры



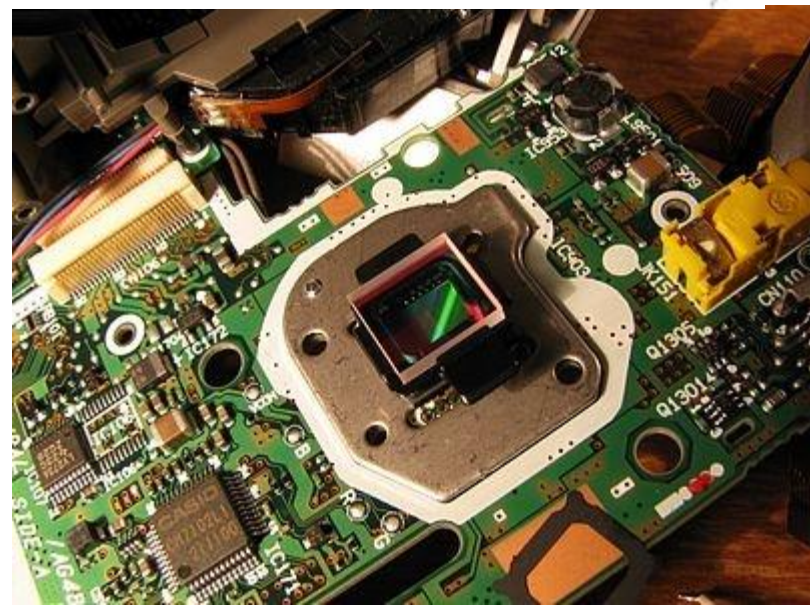
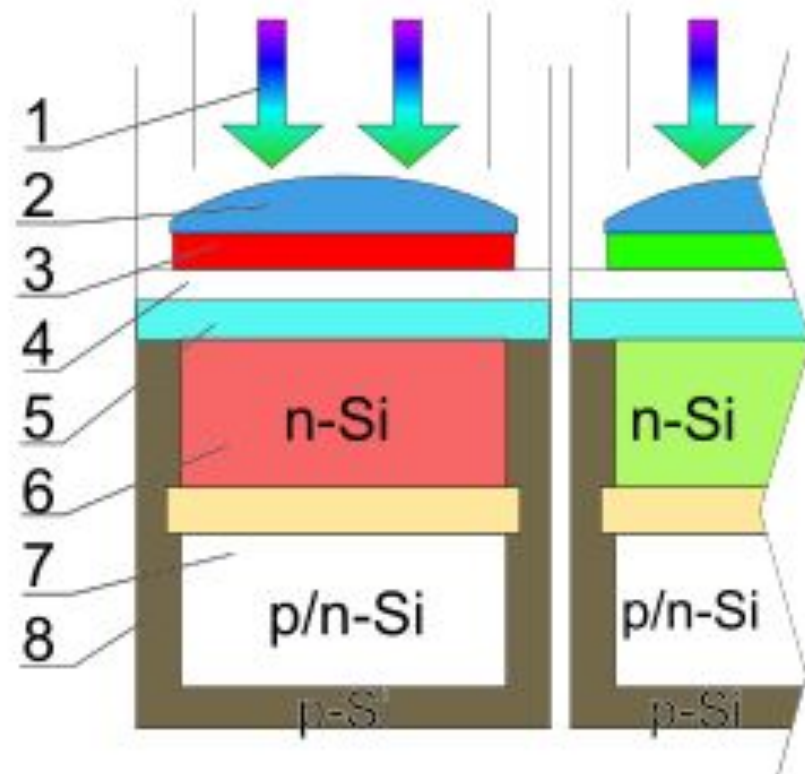


Типы матриц

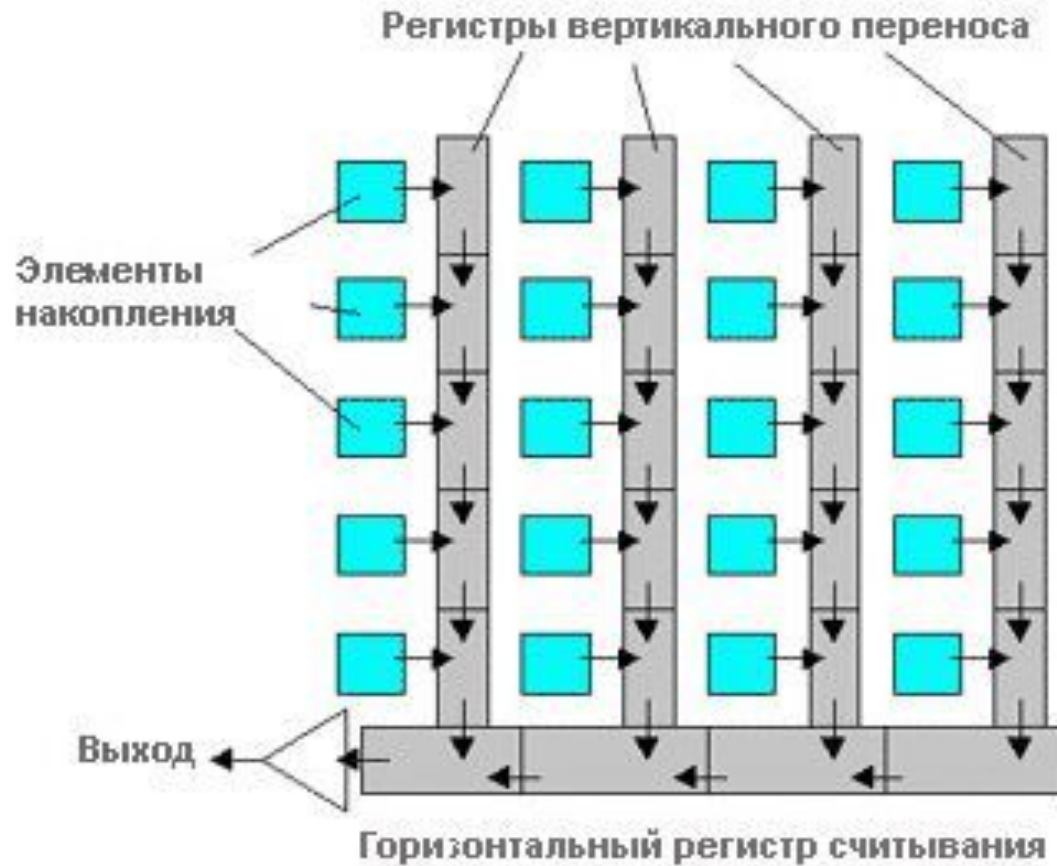
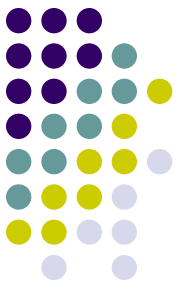
- ПЗС-матрица (CCD, «Charge Coupled Device»);
- КМОП-матрица (CMOS, «Complementary Metal Oxide Semiconductor»);
- SIMD WRD (Wide dynamic range) матрица;
- Live-MOS-матрица;
- Super CCD-матрица.

ПЗС

- 1 — фотоны света, прошедшие через объектив фотоаппарата;
- 2 — микролинза субпикселя;
- 3 — R — красный светофильтр субпикселя, фрагмент фильтра Байера;
- 4 — прозрачный электрод из поликристаллического кремния или сплава индия и оксида олова;
- 5 — оксид кремния;
- 6 — кремниевый канал n-типа: зона генерации носителей — зона внутреннего фотоэффекта;
- 7 — зона потенциальной ямы (карман n-типа), где собираются электроны из зоны генерации носителей заряда;
- 8 — кремниевая подложка p-типа.



ПЗС



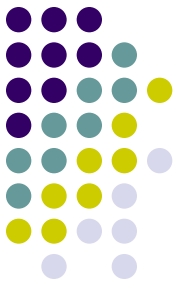
Сенсор CCD цифрового фотоаппарата



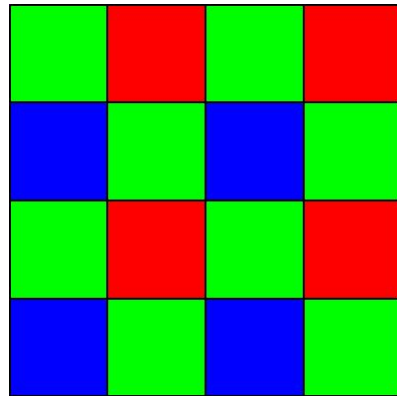
Размер сенсора



Методы получения цветного изображения



- Трёхматричные системы
- Матрицы с мозаичными фильтрами
 - » Фильтр Байера



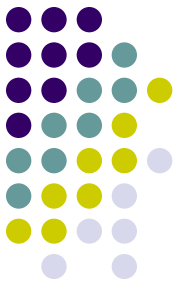
- Матрицы с полноцветными пикселями

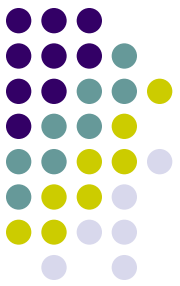
Глубина цвета - Depth of color



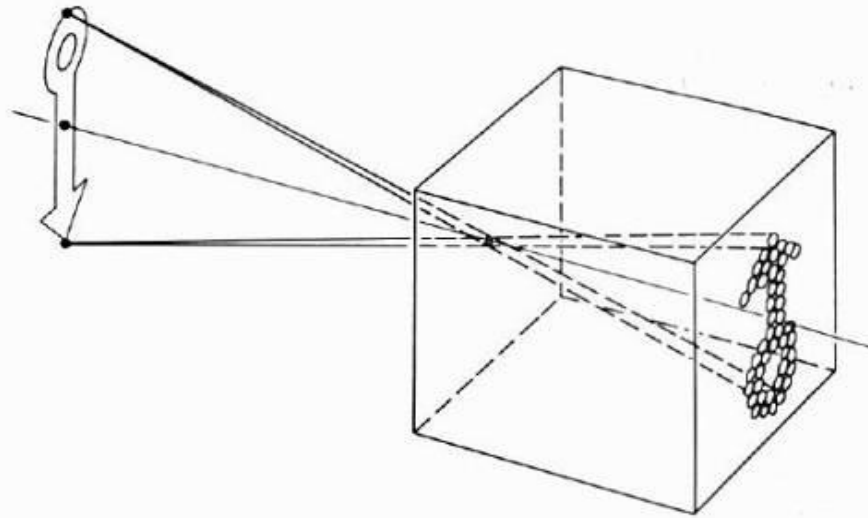
- Квантование цвета
- Число разрядов для представления цвета
 - 1- бинарный
 - 8-полноцветный
 - Число бит на пиксель
 - 1
 - 8
 - 24

Геометрия оптической системы фотодатчика



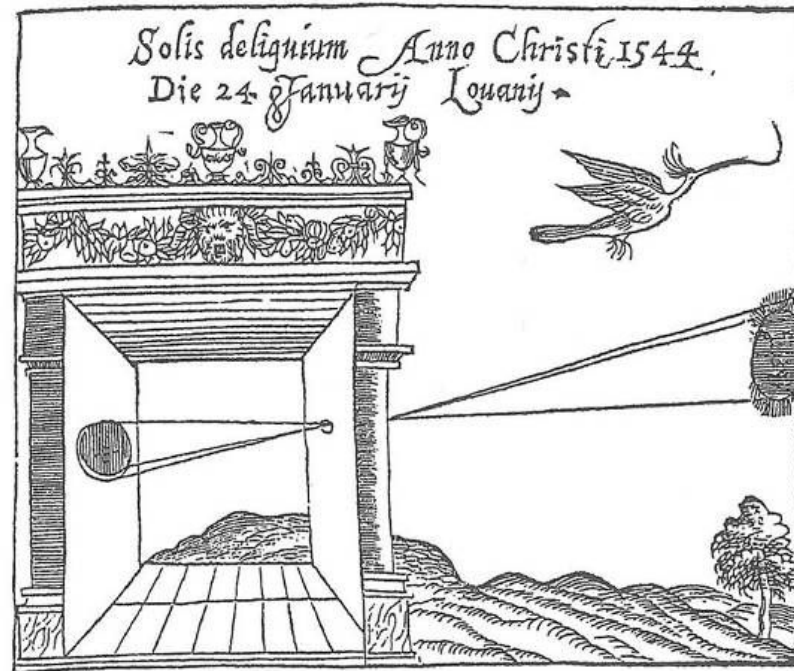


Модель камеры-обскуры



- Модель:
 - В преграде отверстие размеров в одну точку
 - Все лучи проходят через одну точку
 - Эта точка называется **Центром Проекции (ЦП)**
 - Изображение формируется на **Картинной плоскости**
 - **Фокусным расстоянием f** называется расстояние от ЦП до Картинной плоскости

Камера-Обскура

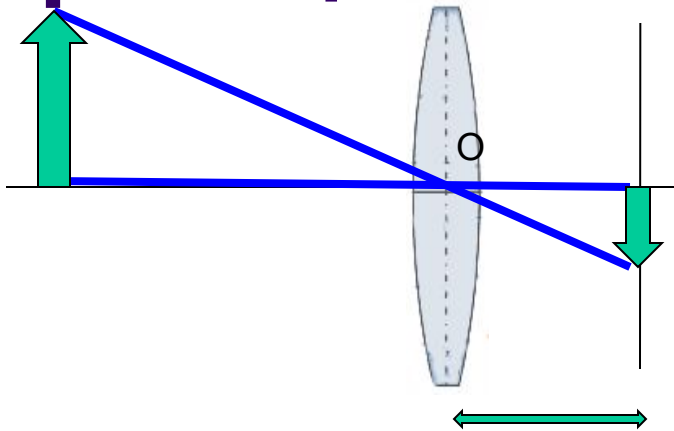


- Самая Первая Камера
 - Была известная еще Аристотелю
 - Глубина комнаты и есть Фокусное расстояние

Идеальная камера



Модель – перспективная проекция

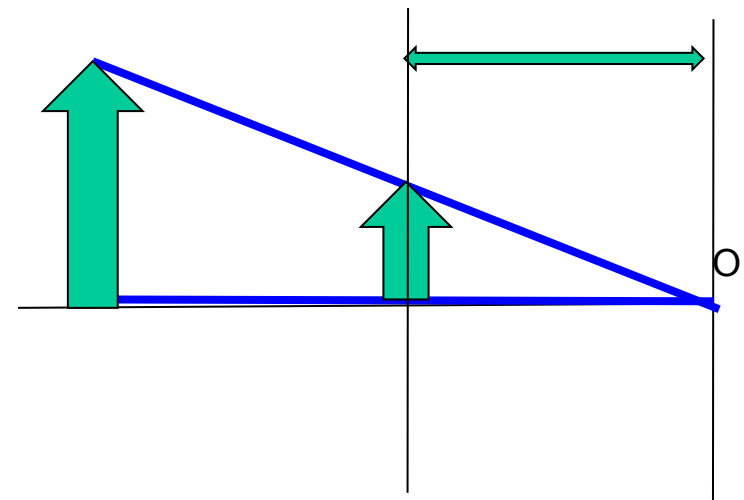


Фокусное расстояние

- Камера-обскура
- Изображение позади фокуса
- Изображение перевернутое

- Модель перспективной проекции
- Перенесем объект на противоположенную сторону
- То же самое фокусное расстояние!
- Изображение нормальное, не перевернутое

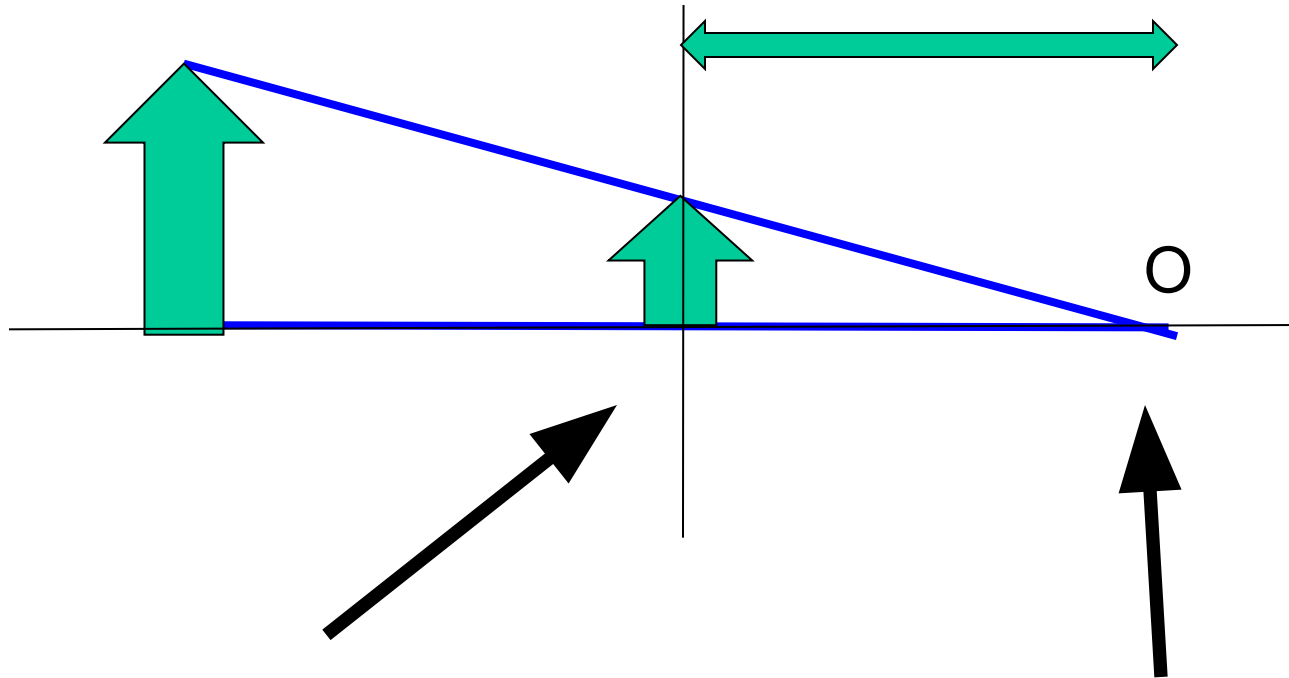
- Фокусное расстояние

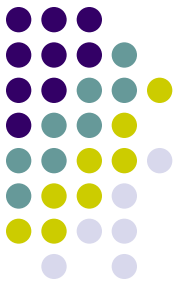


Модель – перспективная проекция

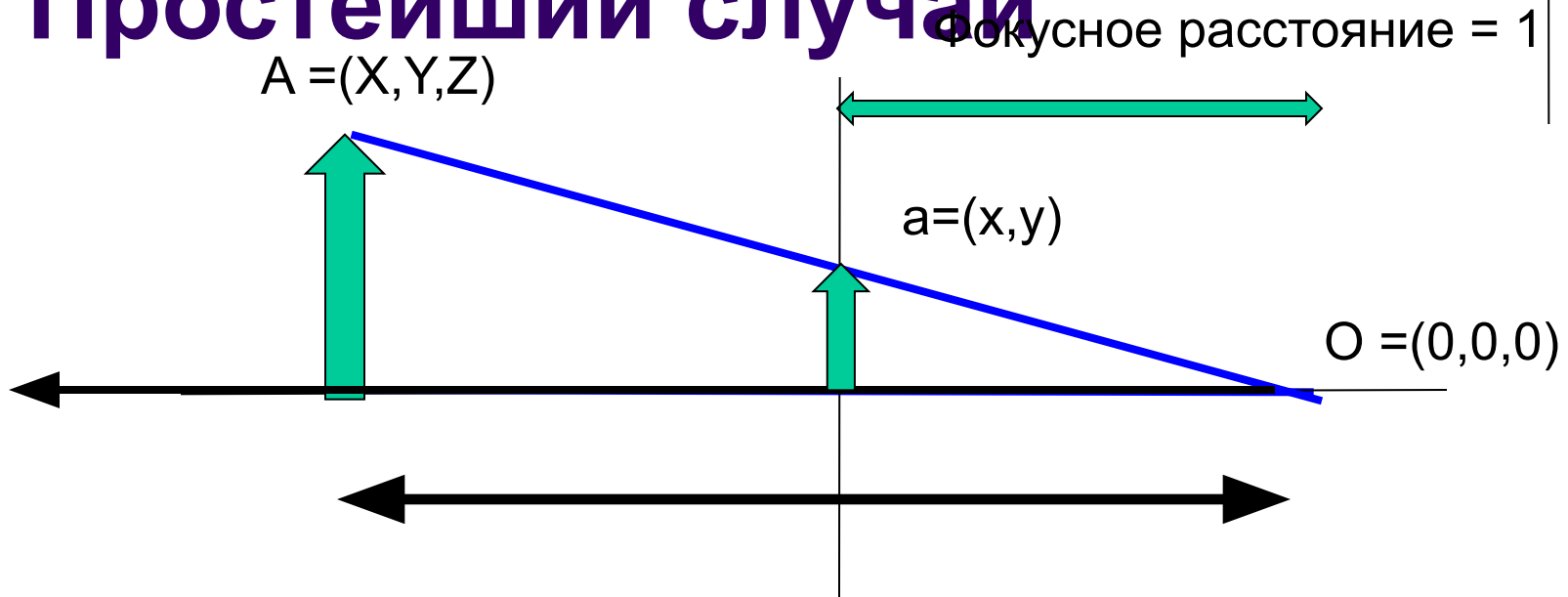


- Фокусное расстояние





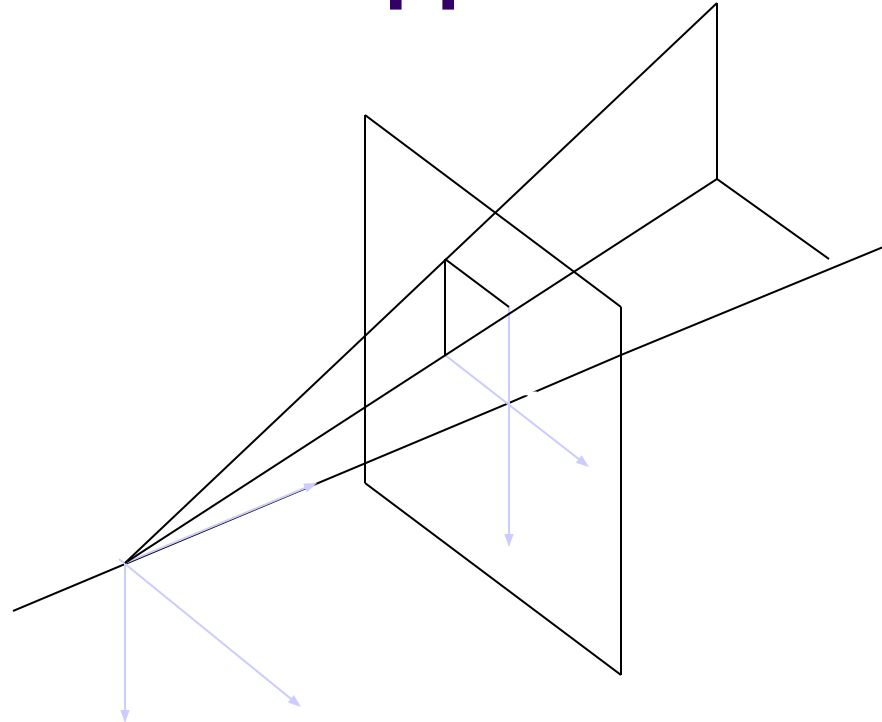
Простейший случай



$$\frac{x}{1} = \frac{X}{Z} \quad \frac{y}{1} = \frac{Y}{Z}$$

- Поместим центр системы координат в ЦП
- Смотрим вдоль оси z
- Фокусное расстояние = 1

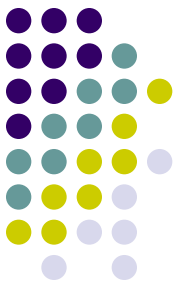
Трёхмерный вид



$$x = \frac{X}{Z}$$

$$y = \frac{Y}{Z}$$

- - Нелинейное преобразование
- (Деление на Z)



Однородные координаты

добавим дополнительную координату!

$$(x, y) \Rightarrow \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$(x, y, z) \Rightarrow \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Перевод из однородных в обычные:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ w \end{bmatrix} \Rightarrow (x/w, y/w)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ w \end{bmatrix} \Rightarrow (x/w, y/w, z/w)$$

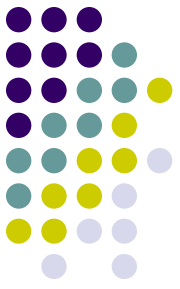
Однородные координаты



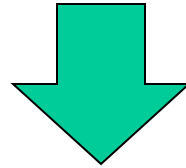
$$(x, y) \approx (x, y, 1) \approx (wx, wy, w)$$

$$(X, Y, Z) \approx (X, Y, Z, 1) \approx (WX, WY, WZ, W)$$

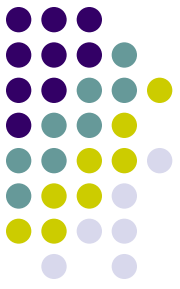
Преобразования - сдвиг и масштаб



$$X \rightarrow aX + T_x$$

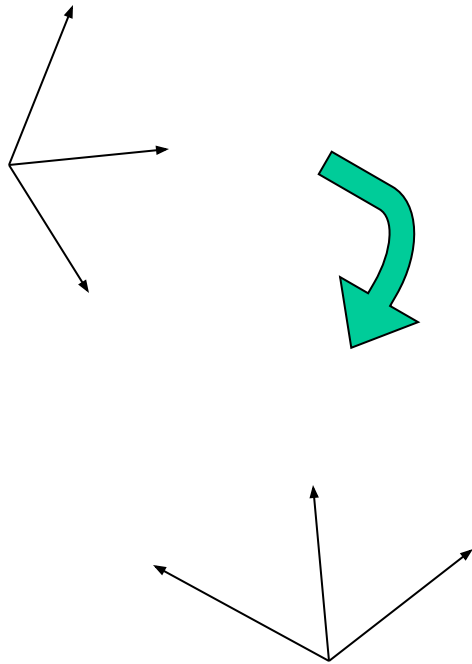


$$\begin{bmatrix} aX + T_x \\ bY + T_y \\ cZ + T_z \\ 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & T_x \\ 0 & b & 0 & T_y \\ 0 & 0 & c & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$



Евклидово преобразование

- Переход от одного ортонормированного базиса к другому
- Поворот R и сдвиг T



$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \\ 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} R & T \\ [0,0,0] & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$R = \mathfrak{R}^{3 \times 3}, T = \mathfrak{R}^3$$

Матричная запись проекции



$$x = \frac{X}{Z} \quad y = \frac{Y}{Z}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} X/Z \\ Y/Z \\ Z/Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X/Z \\ Y/Z \\ 1 \end{bmatrix}$$



Матрица проецирования

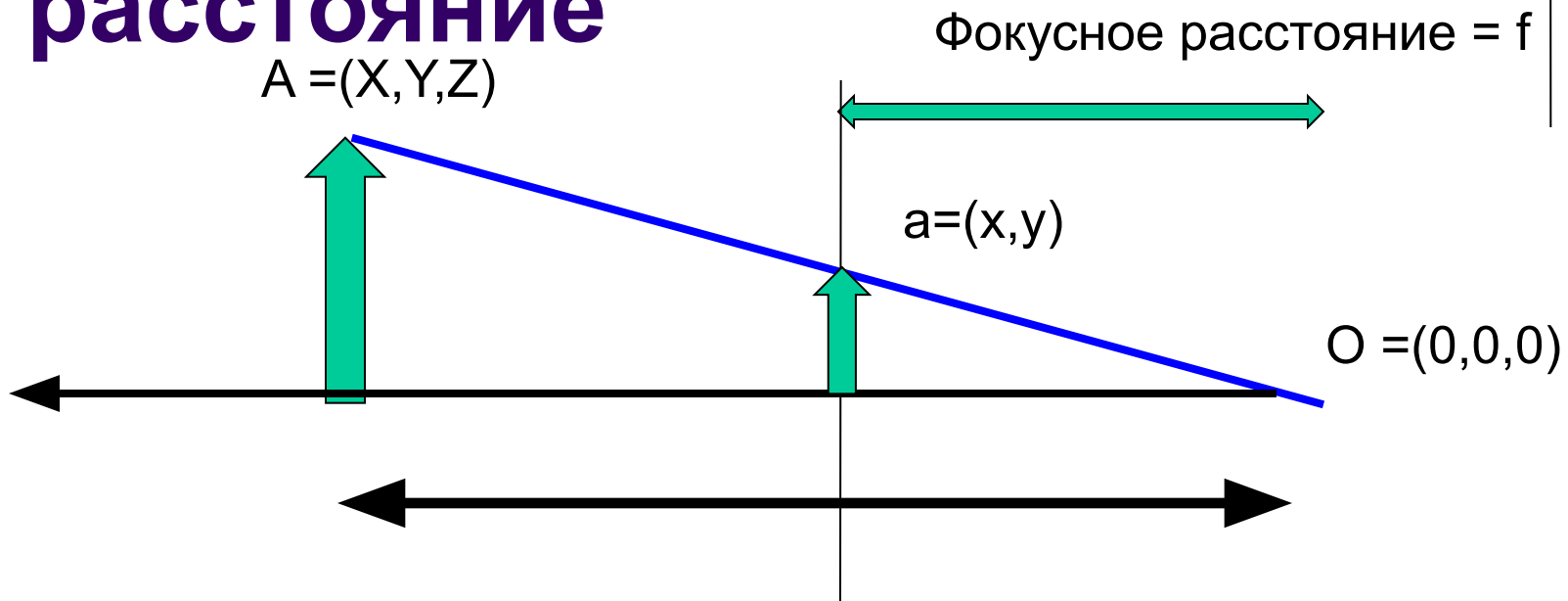
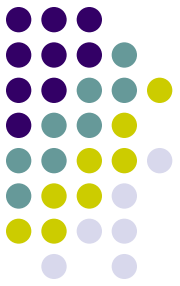
- Обозначим:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Поэтому простейшее уравнение центральной проекции:

$$a = I * A$$

Добавим фокусное расстояние



- Пусть фокусное расстояние = f

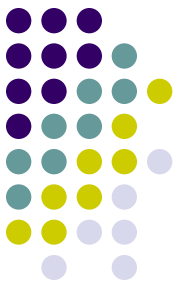
$$\frac{x}{f} = \frac{X}{Z} \quad \frac{y}{f} = \frac{Y}{Z} \quad \rightarrow \quad x = f \frac{X}{Z} \quad y = f \frac{Y}{Z}$$

Матричная запись проекции

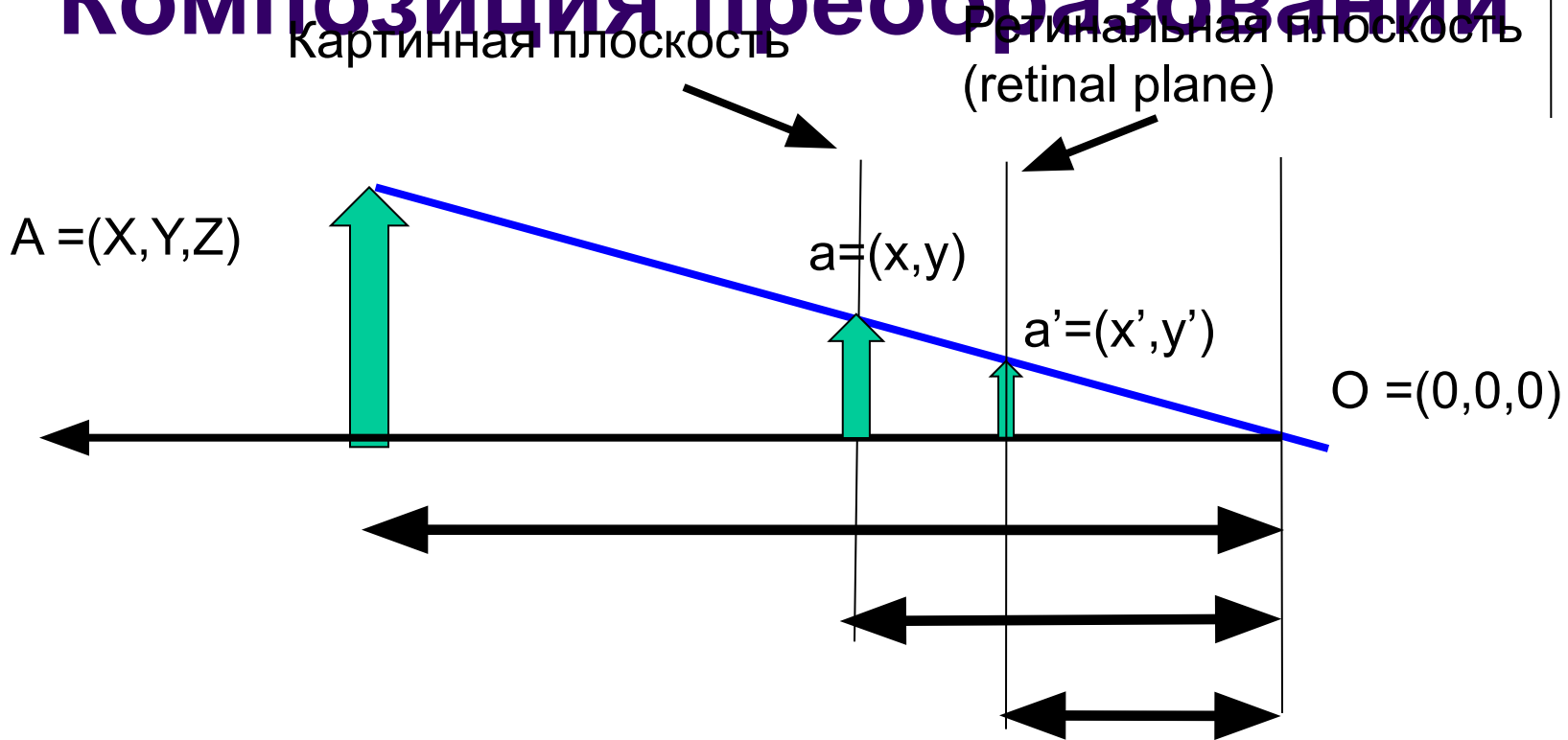


$$x = f \frac{X}{Z} \quad y = f \frac{Y}{Z}$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} fX \\ fY \\ Z \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} fX / Z \\ fY / Z \\ 1 \end{bmatrix}$$



Композиция преобразований



- Рассмотрим как композицию преобразований
 - Проецирование на ретинальную плоскость
 - Масштабирование изображения до картинной



Композиция преобразований

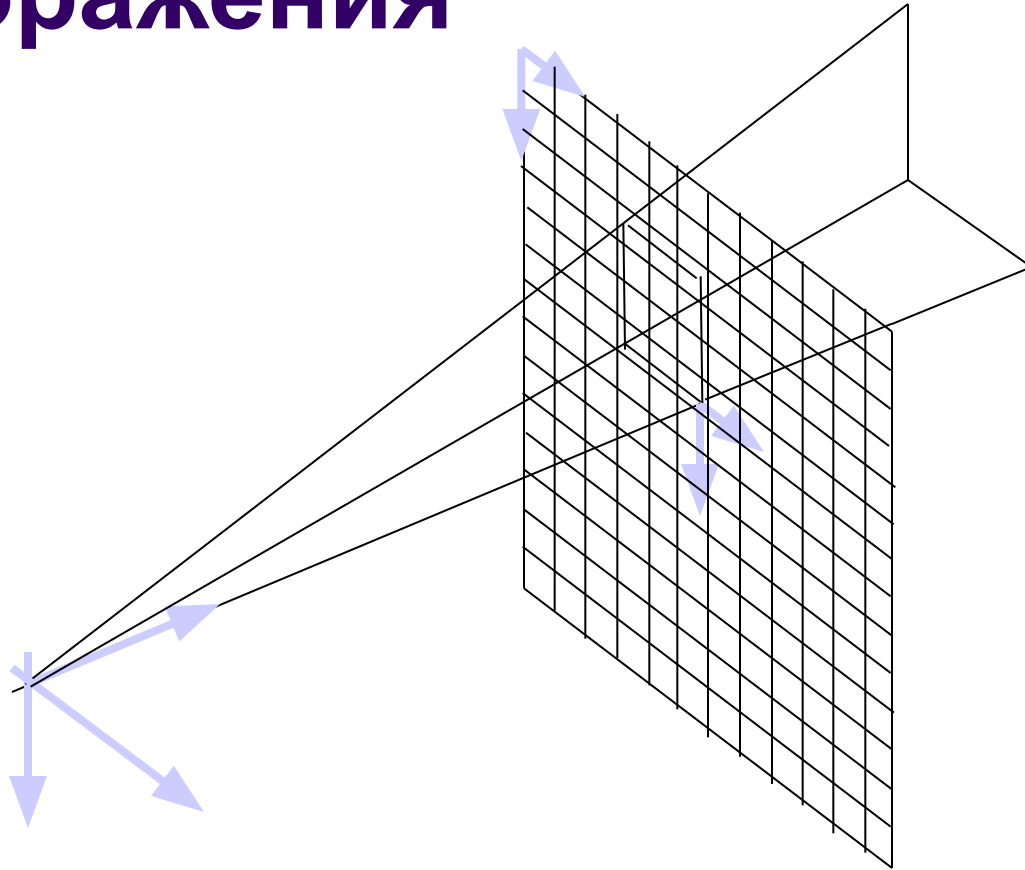
- В матричном виде композиция преобразований записывается как:

$$\begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Масштабирование до
картинной плоскости

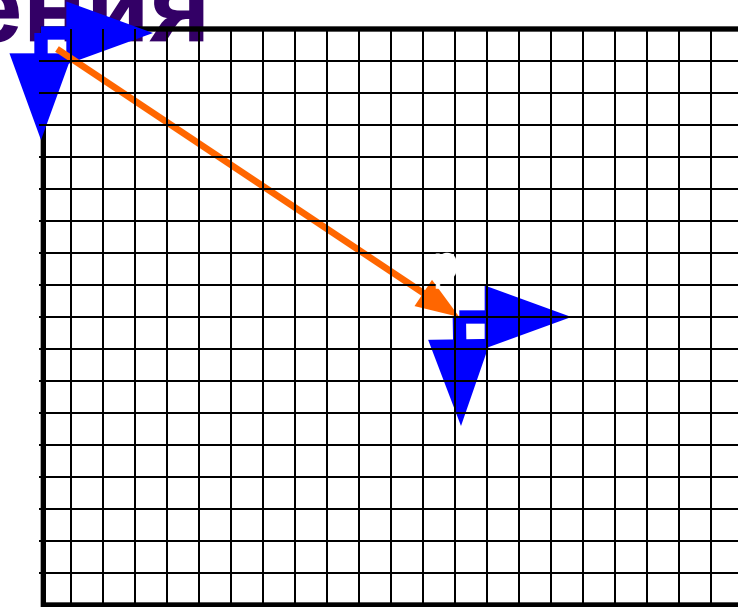
Проецирование на ретинальную
плоскость

Перевод в координаты изображения



- Умеем проецировать A на картинную плоскость, получая a
- Картинная плоскость состоит из пикселей
- Начало координат изображения – верхний левый угол

Перевод в координаты изображения

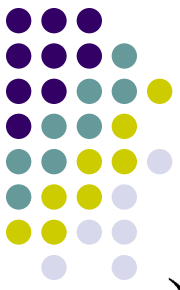


- Перевод в новую систему координат
 - Масштабирование (в пикселях)
 - Новая центр координат (сдвиг)

$$(x, y) \rightarrow (sx + c_x, sy + c_y) \cong (x / pix + c_x, y / pix + c_y)$$

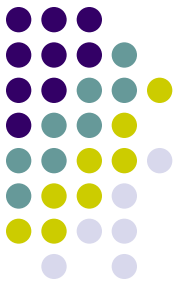
Где pix – размер пикселя, (c_x, c_y) - принципиальная точка в координатах изображения

Матричная запись перевода в пиксели



$$(x, y) \rightarrow (sx + c_x, sy + c_y) \cong (x / pix + c_x, y / pix + c_y)$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 1 / pix & 0 & c_x \\ 0 & 1 / pix & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x / pix + c_x \\ y / pix + c_y \\ 1 \end{bmatrix}$$



Внутренняя калибровка

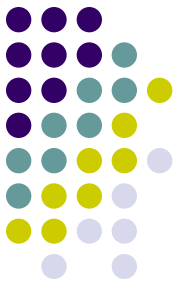
- Объединим масштабирование по фокусному расстоянию и перевод в пиксели

$$\begin{bmatrix} 1 / pix & 0 & c_x \\ 0 & 1 / pix & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} f / pix & 0 & c_x \\ 0 & f / pix & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Масштабирование до
картинной плоскости

Перевод в пиксели

Внутренняя калибровка!



Внутренняя калибровка

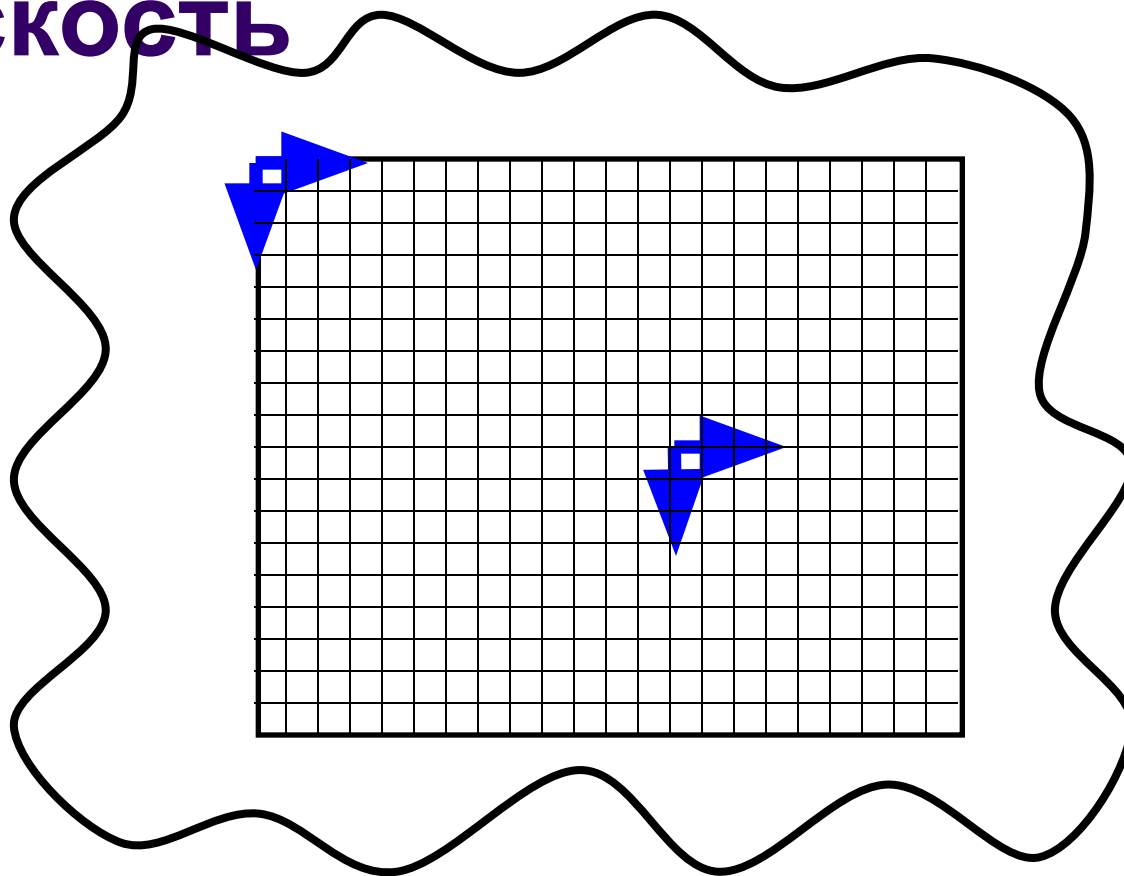
- Объединим масштабирование по фокусному расстоянию и перевод в пиксели

$$K = \begin{bmatrix} f / pix & 0 & c_x \\ 0 & f / pix & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \leftarrow \text{Внутренняя калибровка!}$$

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \cong K * I * \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

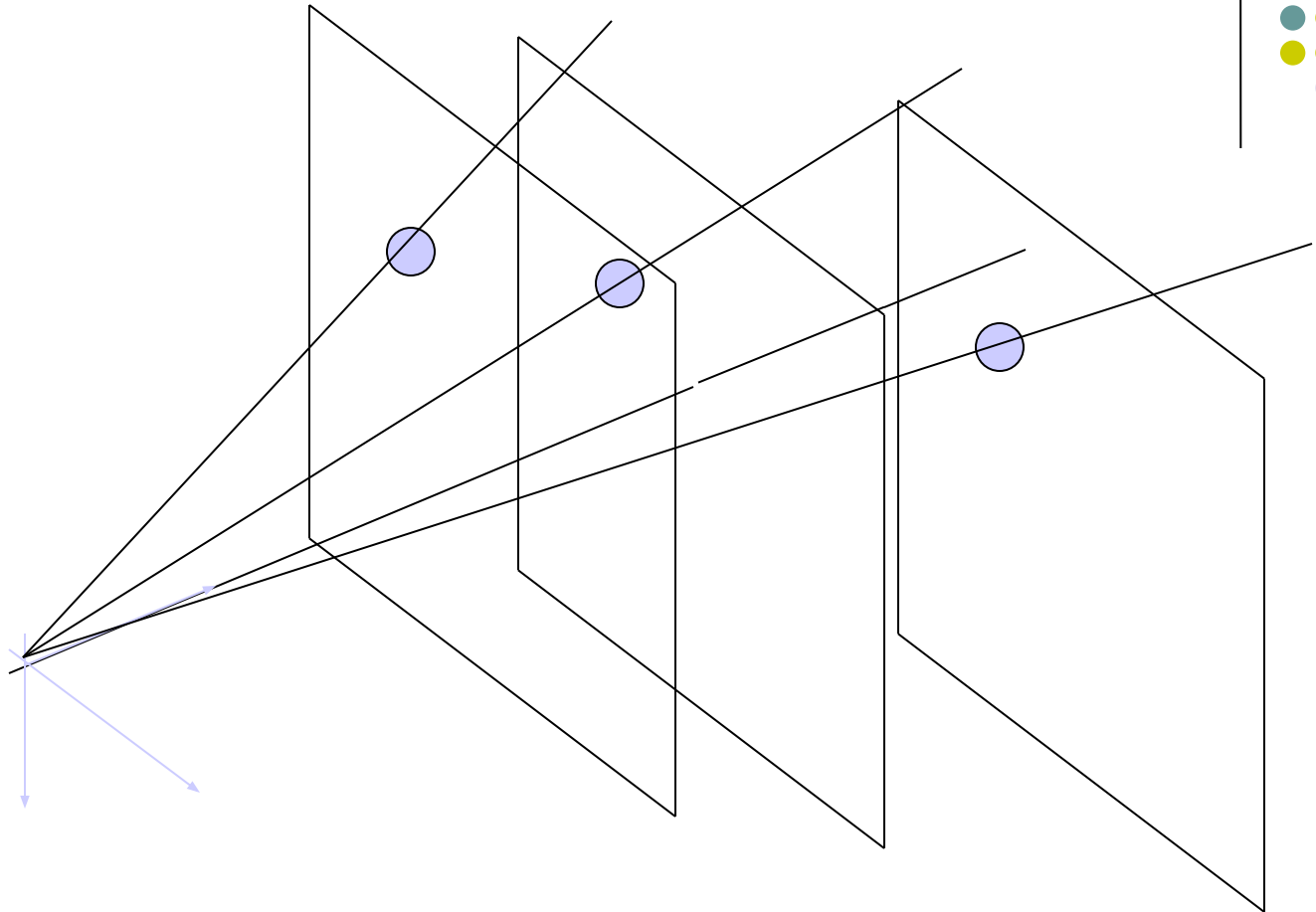
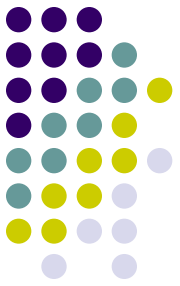
Текущее уравнение центральной проекции

Матрица и картинная плоскость



- Матрица камеры конечного размера!
- Картинная плоскость бесконечна
- При проецировании точки могут выходить за пределы матрицы

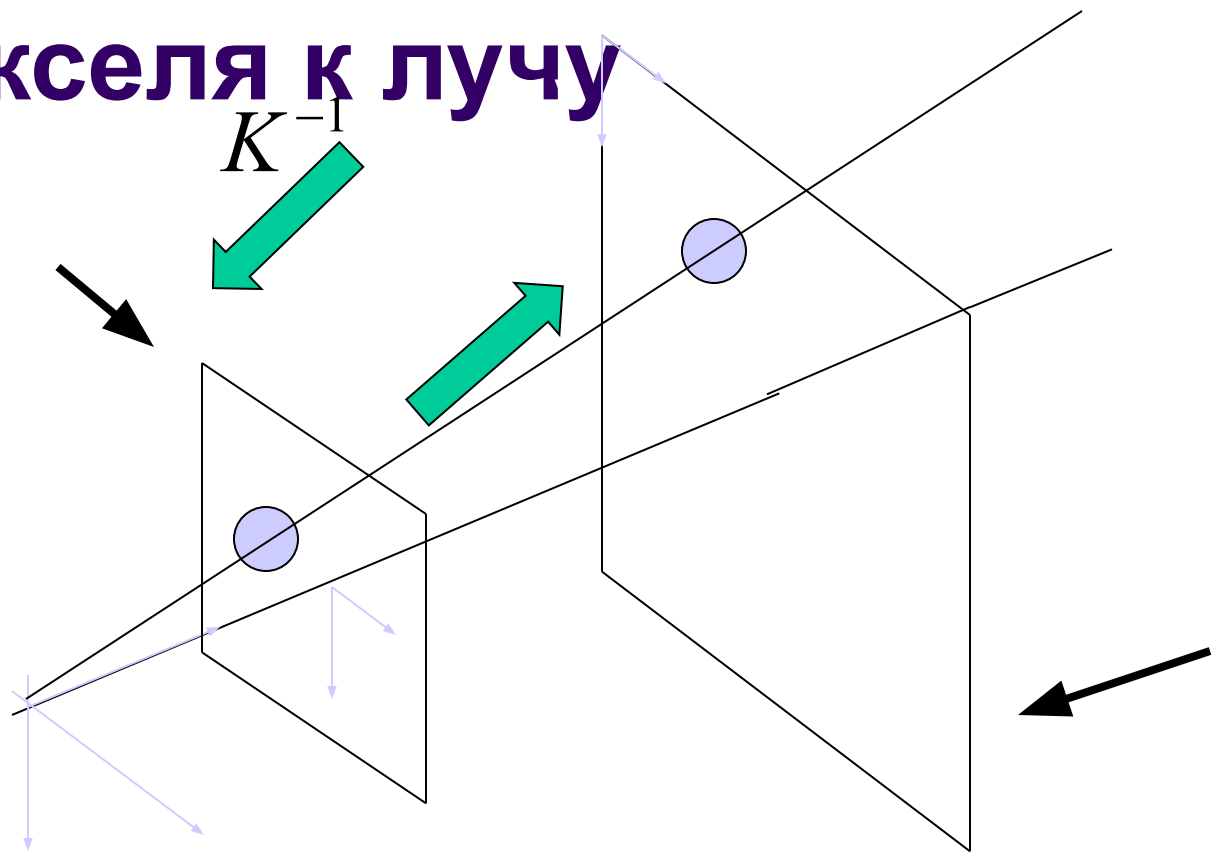
Смысл внутренней калибровки для реконструкции



- Есть изображение и точка на нем
- Как проходит луч?



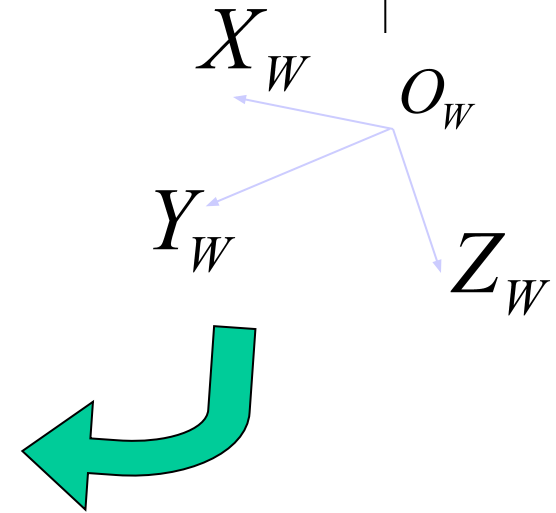
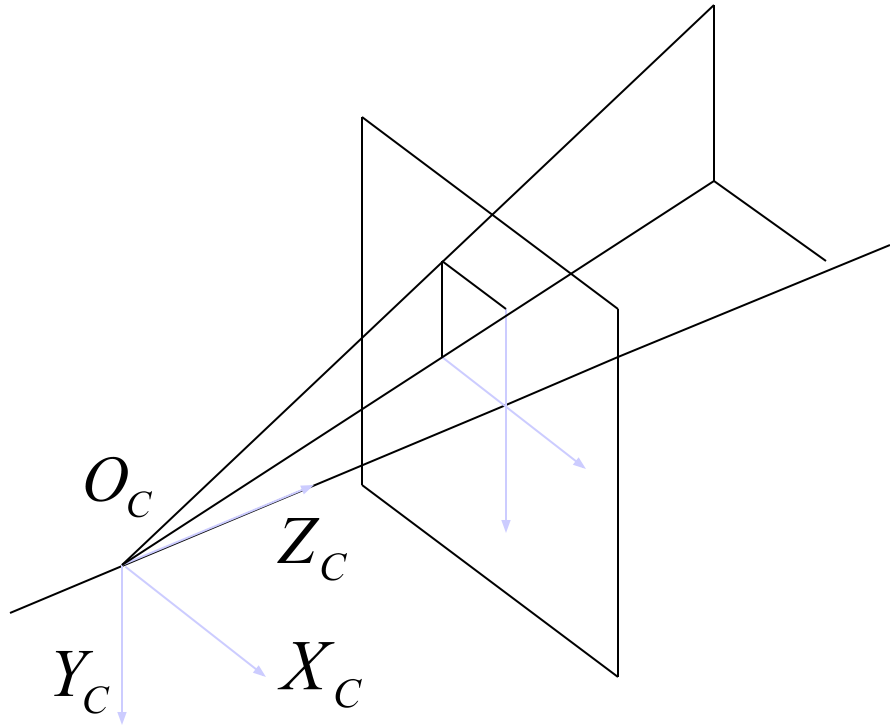
От пикселя к лучу



• $a = (x, y) \xrightarrow{K} b = (u, v) \xrightarrow{K^{-1}} a = (x, y) = (x, y, 1)$

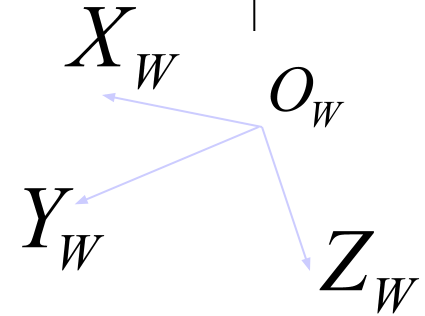
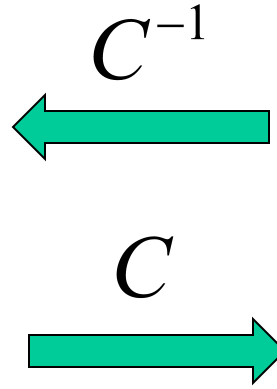
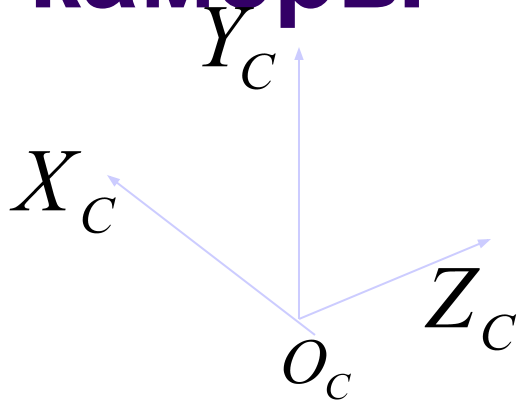
$O = (0, 0, 0)$, $a = (x, y, 1)$ – луч в пространстве

Мировая система координат



- До сих пор – система координат была связана с камерой
- Но A задается обычно в мировых координатах, как и положение камеры!
- Нужно перевести A из мировых координат в координаты камеры

Из мировой в координаты камеры



$$C = \begin{bmatrix} R & T \\ [0,0,0] & 1 \end{bmatrix}$$

- Положение и ориентация камеры в мировых координатах задается евклидовым преобразованием C
- Обратное преобразование
 - Из мировых координат в координаты камеры
 - Обратное к C преобразование! – $\text{Inverse}(C)$

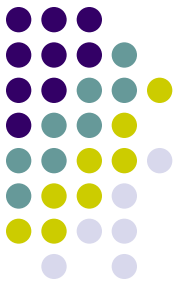


Внешняя калибровка

- Матрица преобразования из мировой системы координат в систему координат камеры называется матрицей *внешней калибровки*

$$C^{-1} = \left(\begin{bmatrix} R & T \\ [0,0,0] & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} R^T & -R^T T \\ [0,0,0] & 1 \end{bmatrix}$$

- Внешняя калибровка определяется положением и ориентацией камеры в пространстве



Полная матрица проекции

Скомпонуем все наши преобразования:

- Из мировой системы координат в систему координат камеры
- Центральная проекция на ретинальную плоскость
- Масштабирование и перевод в пиксели

$$P = K \cdot I \cdot C^{-1}$$

Матрица проекции

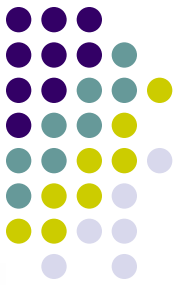
Внутренняя калибровка

Центральная проекция

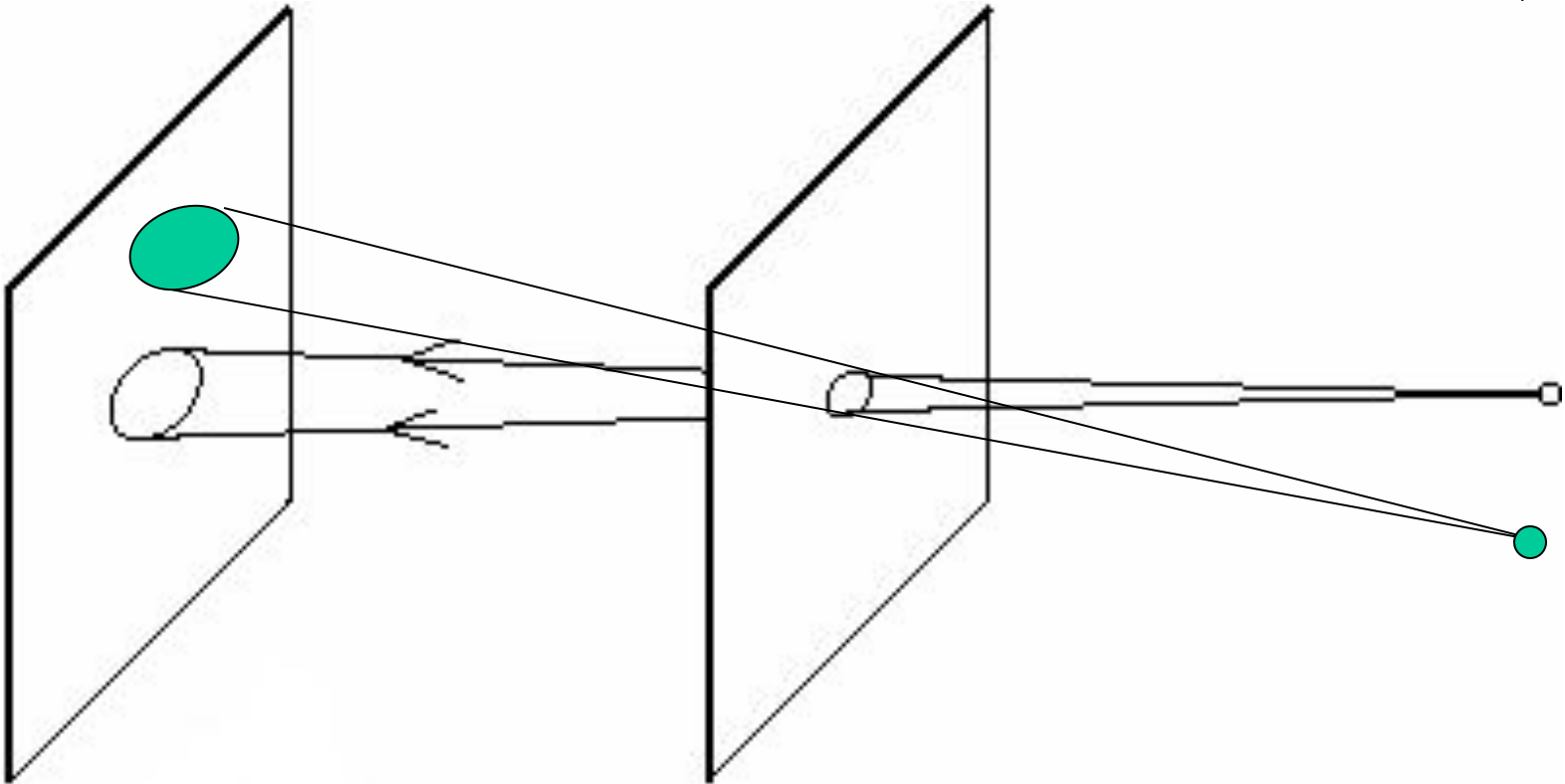
Внешняя калибровка

Реальная камера

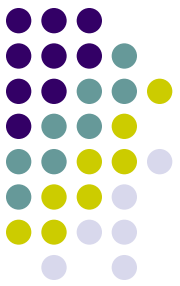




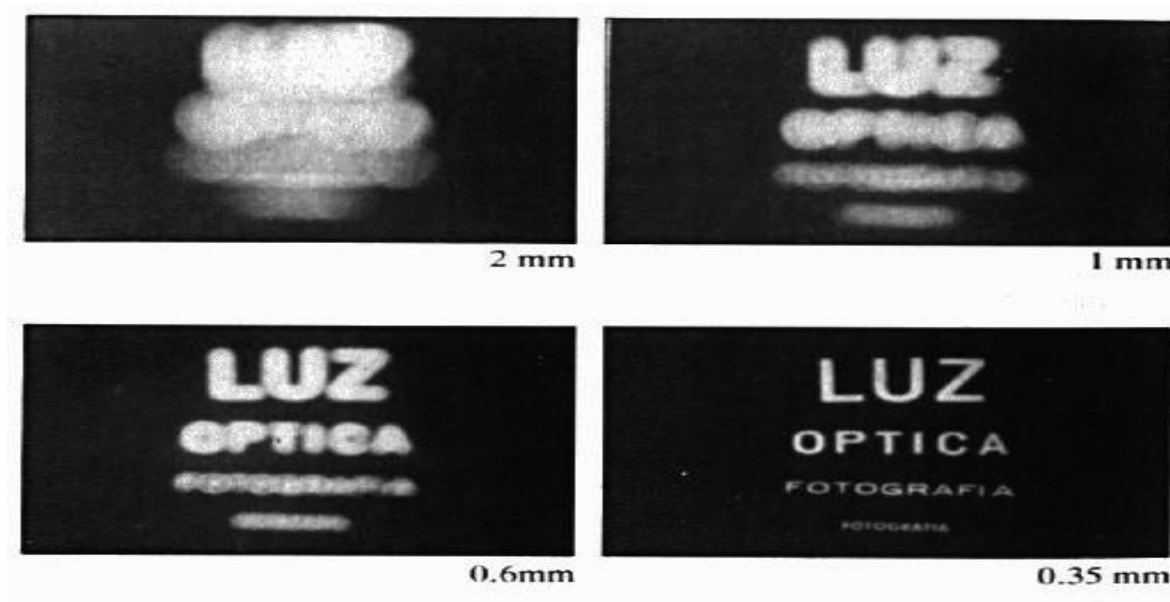
Апертура – не точка!



- Целый пучок лучей проходит через отверстие в преграде
- Изображение одной точки – небольшой кружок
- Размер кружка зависит от размера апертуры

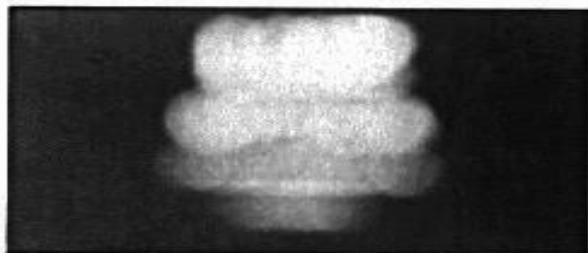


Уменьшаем апертуру



- апертура маленькая (точка 😊)
 - Меньше апертура – меньше света проходит
 - При малых апертурах начинаются дифракционные эффекты

Уменьшаем диафрагму



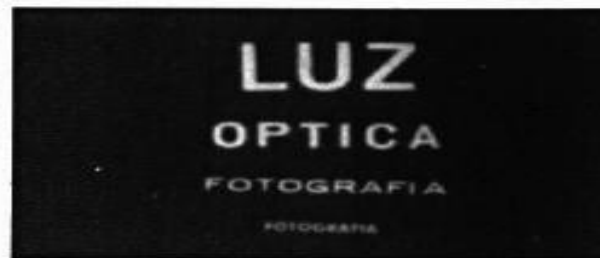
2 mm



1 mm



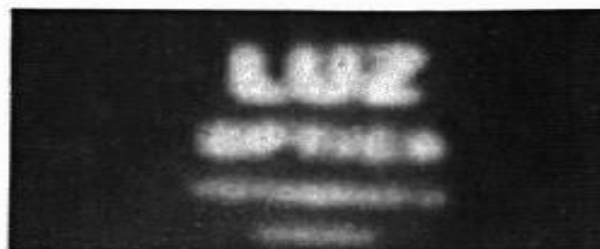
0.6mm



0.35 mm

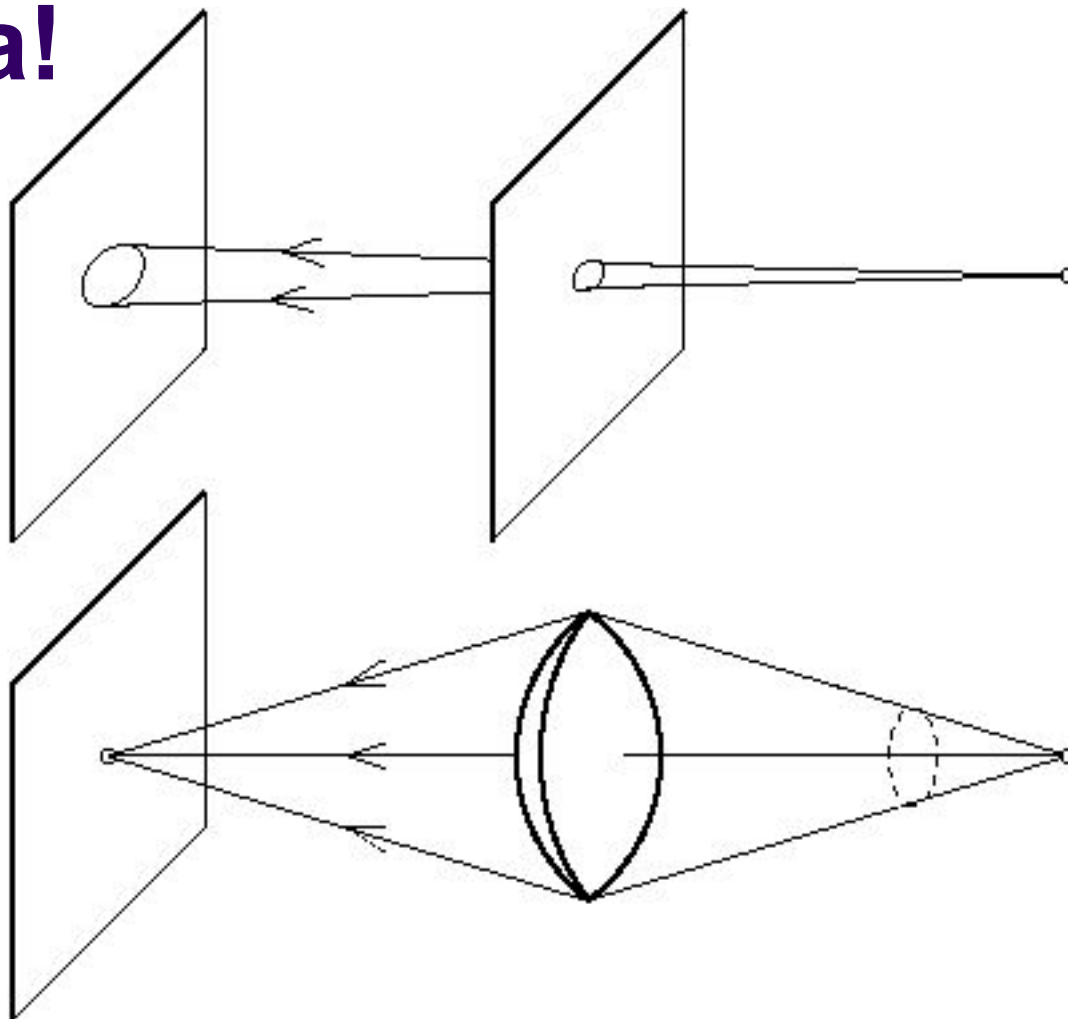


0.15 mm



0.07 mm

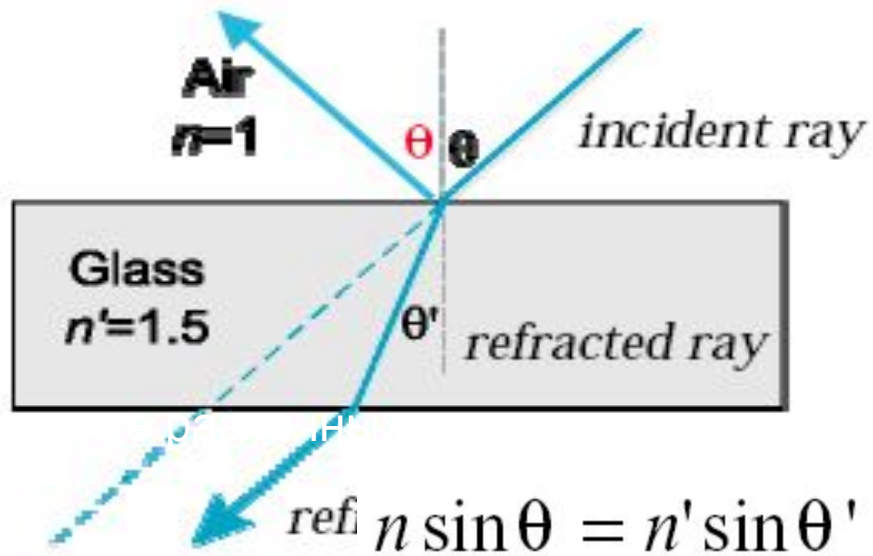
Линза!



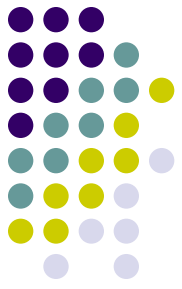
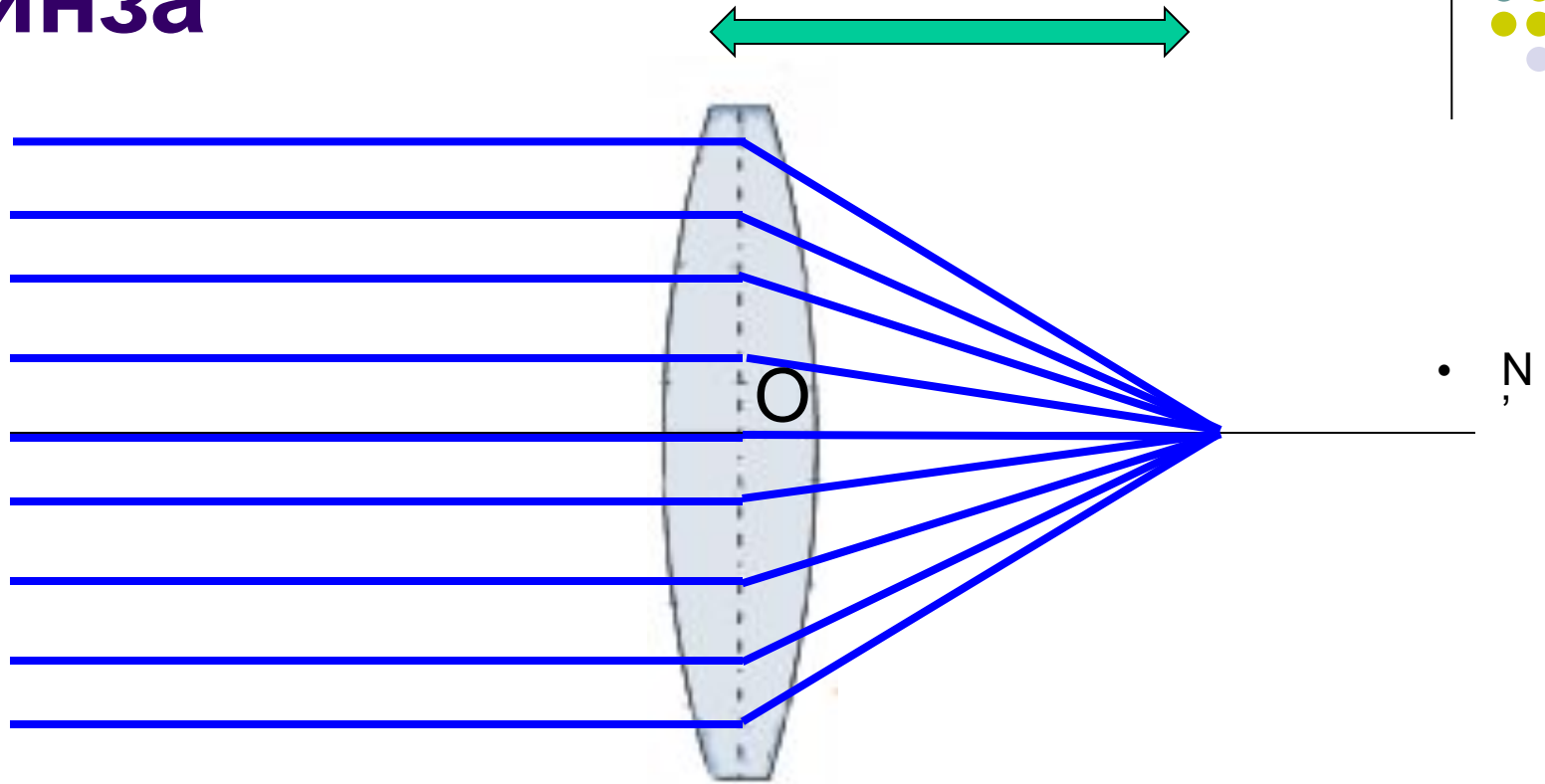
ЛИНЗА



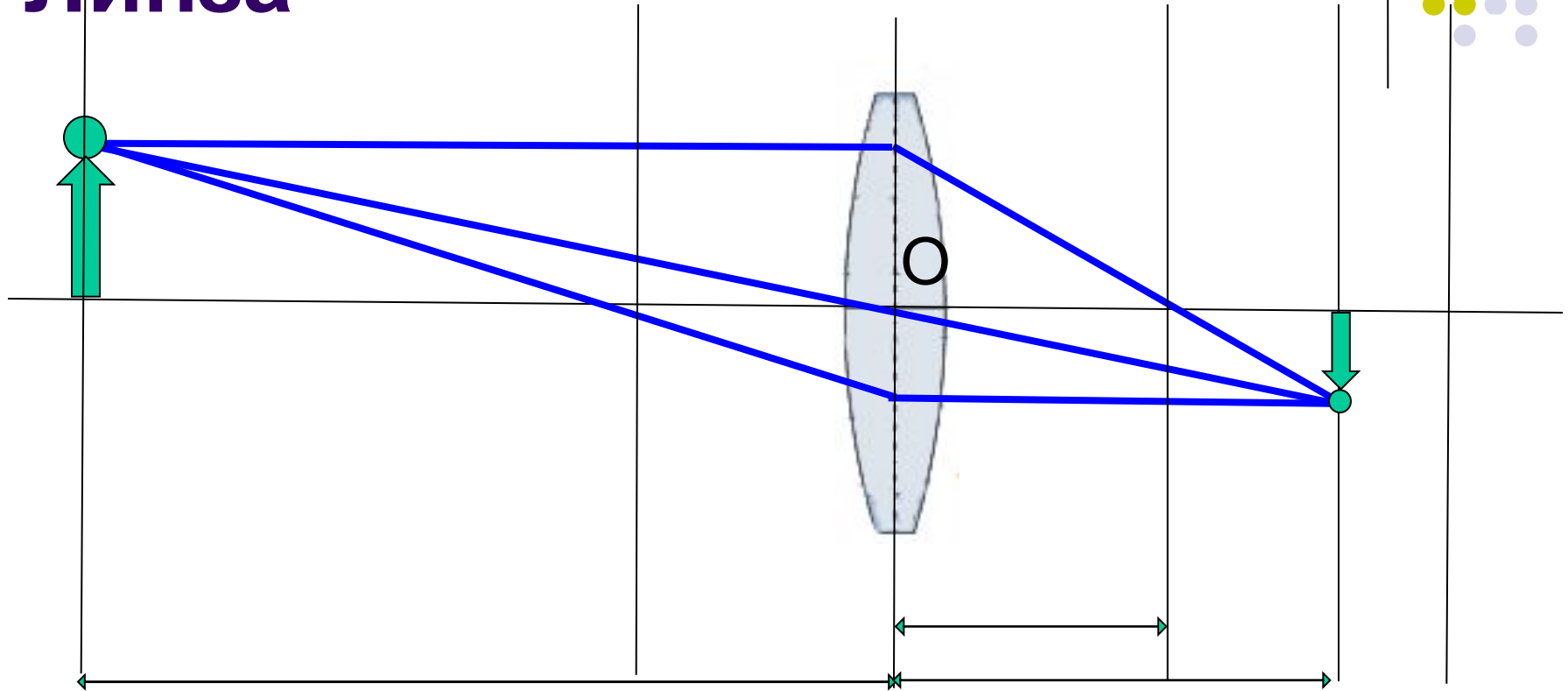
Преломление света



Линза



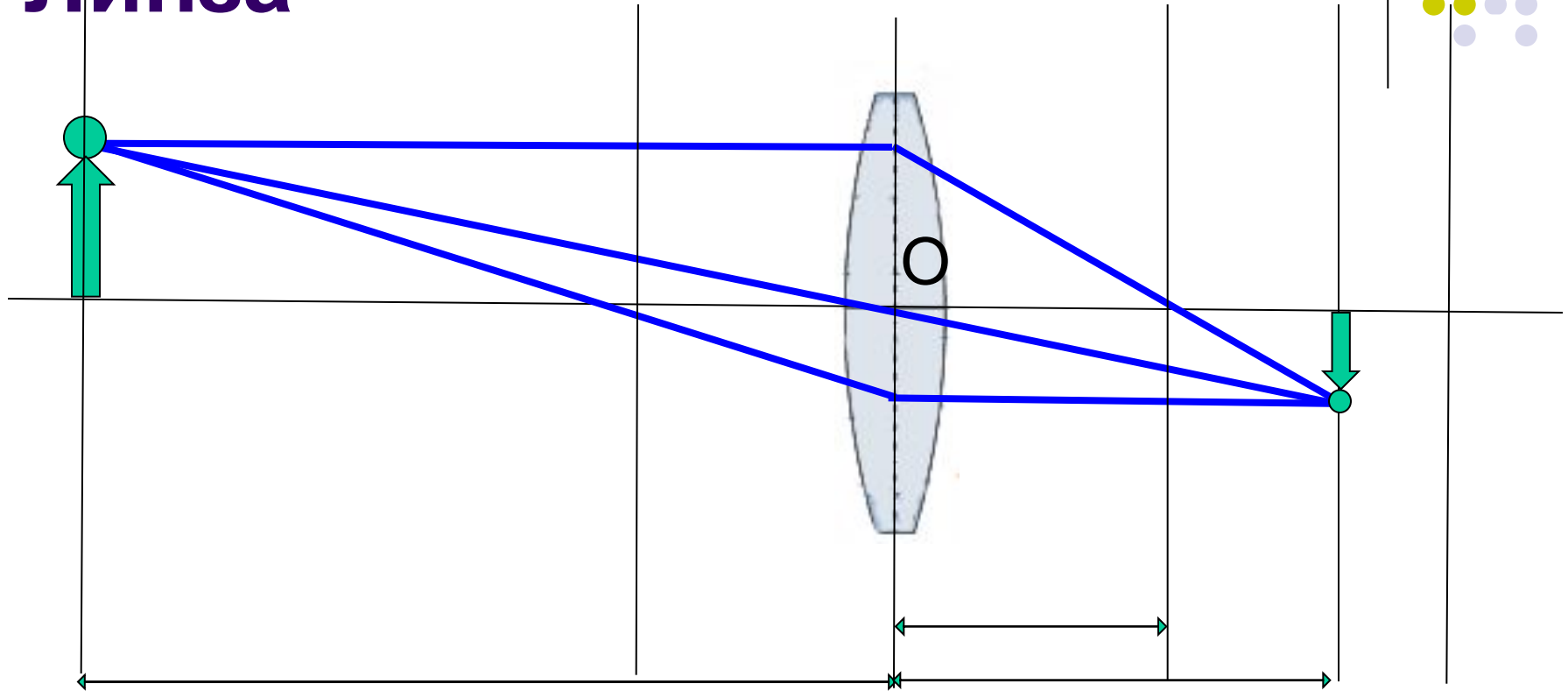
Линза



$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad \text{- Основное уравнение линзы}$$

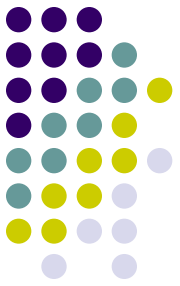
- u, v – сопряженные фокусные расстояния

Линза



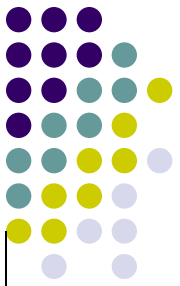
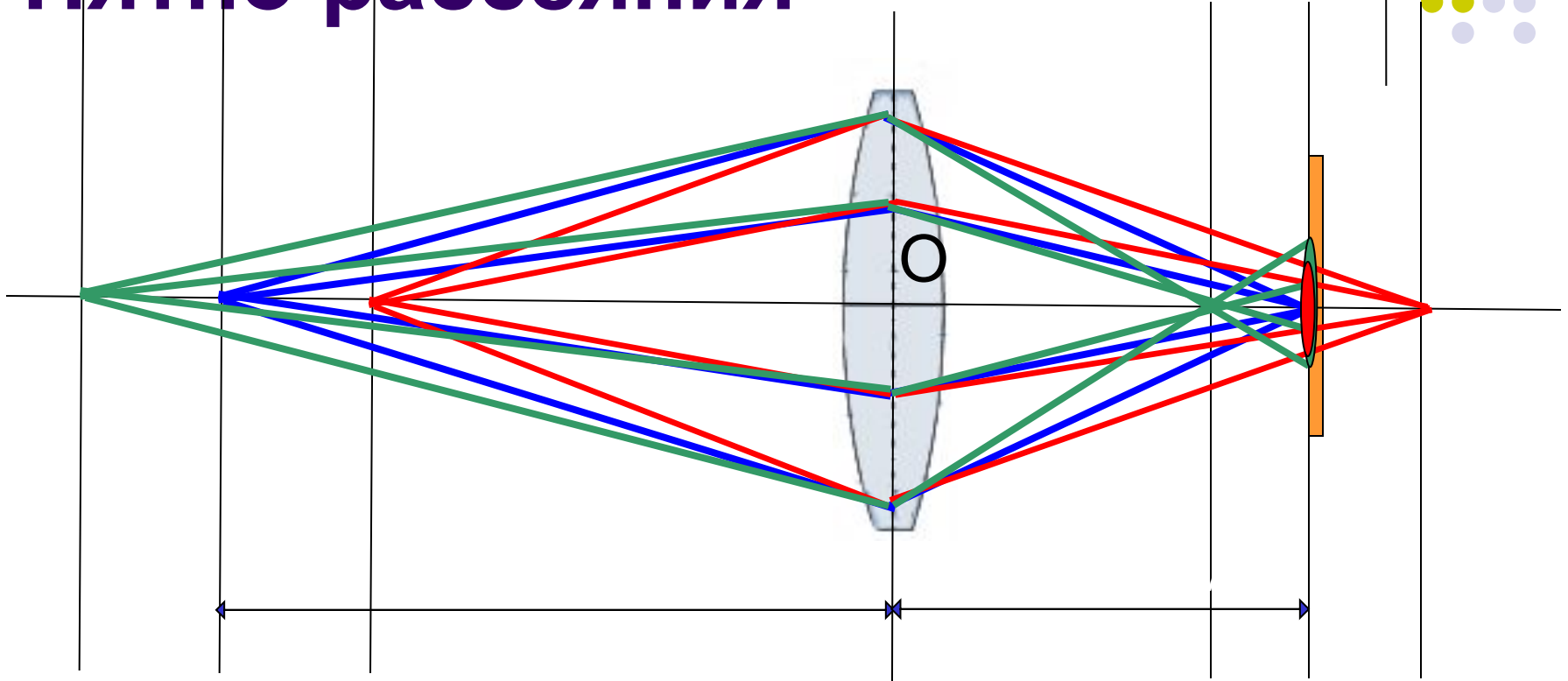
- Луч, проходящий через центр линзы не преломляется!
- Система точно как камера-обскура, но собирает больше света!

Фокусировка



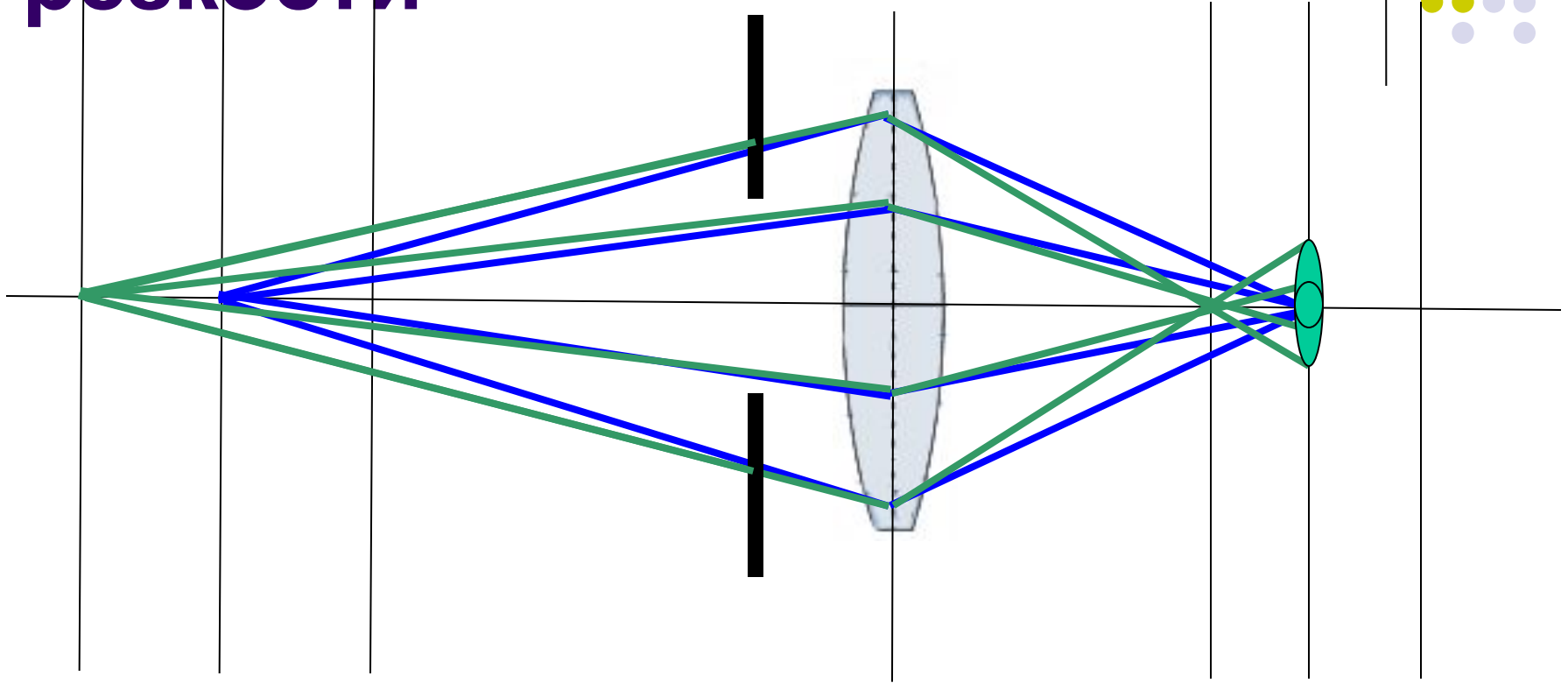
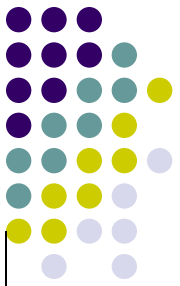
Только часть объектов оказываются «в фокусе»

Пятно рассеяния



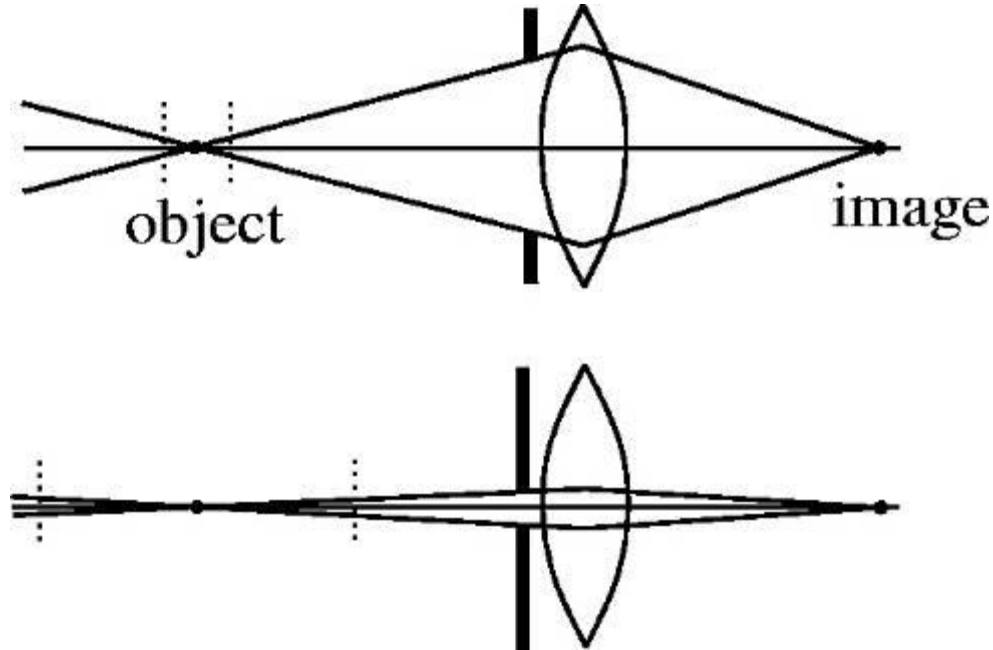
- Пусть матрица поставлена так, чтобы сошлись лучи от объекта на расстоянии u
- Пучок лучей не сходится в одну точку, а образует на пленке «кружок рассеяния» или «пятно рассеяния»

Управление глубиной резкости

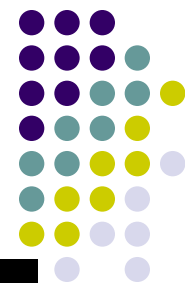


- Изменяя диафрагму можно изменять размер «пятен рассеяния»

Управление глубиной резкости



- Диафрагма управляет глубиной резкости
 - Уменьшение диафрагмы увеличивает интервал, на котором объект находится приблизительно в фокусе
 - Маленькая апертура также уменьшает количество света – приходится увеличивать выдержку (время экспозиции)

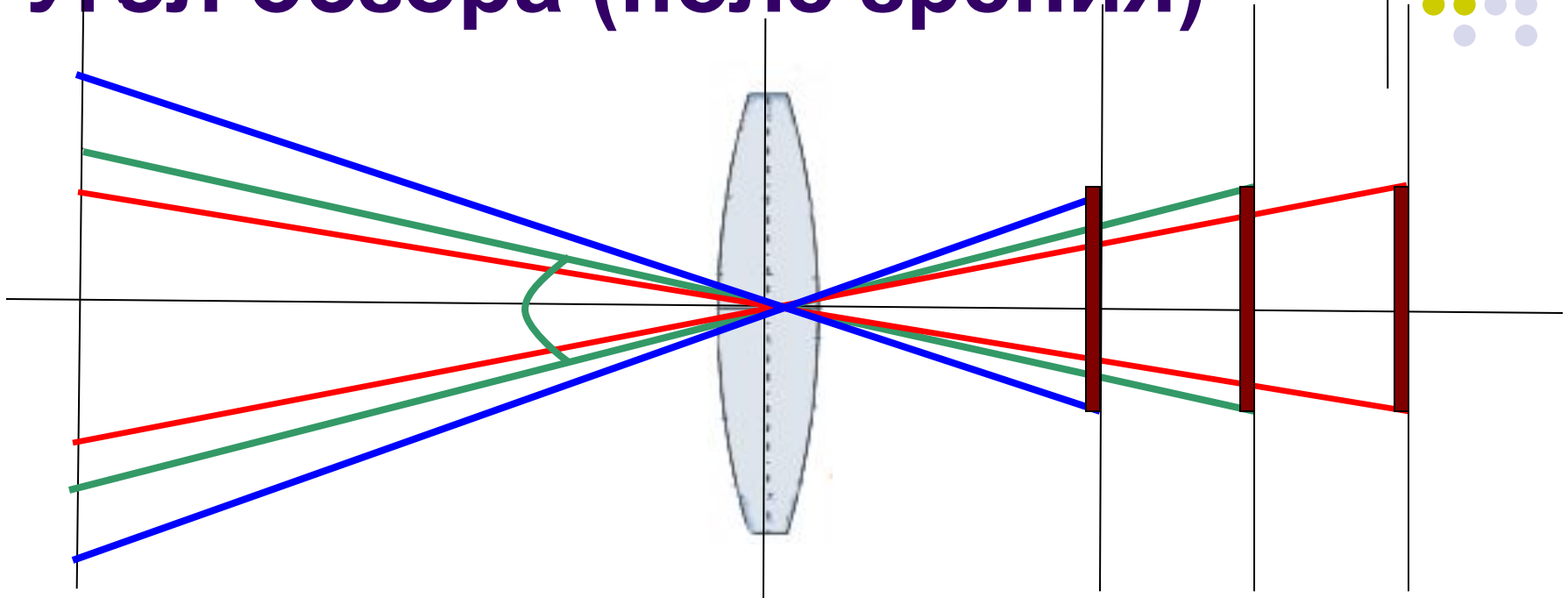


Изменение глубины резкости



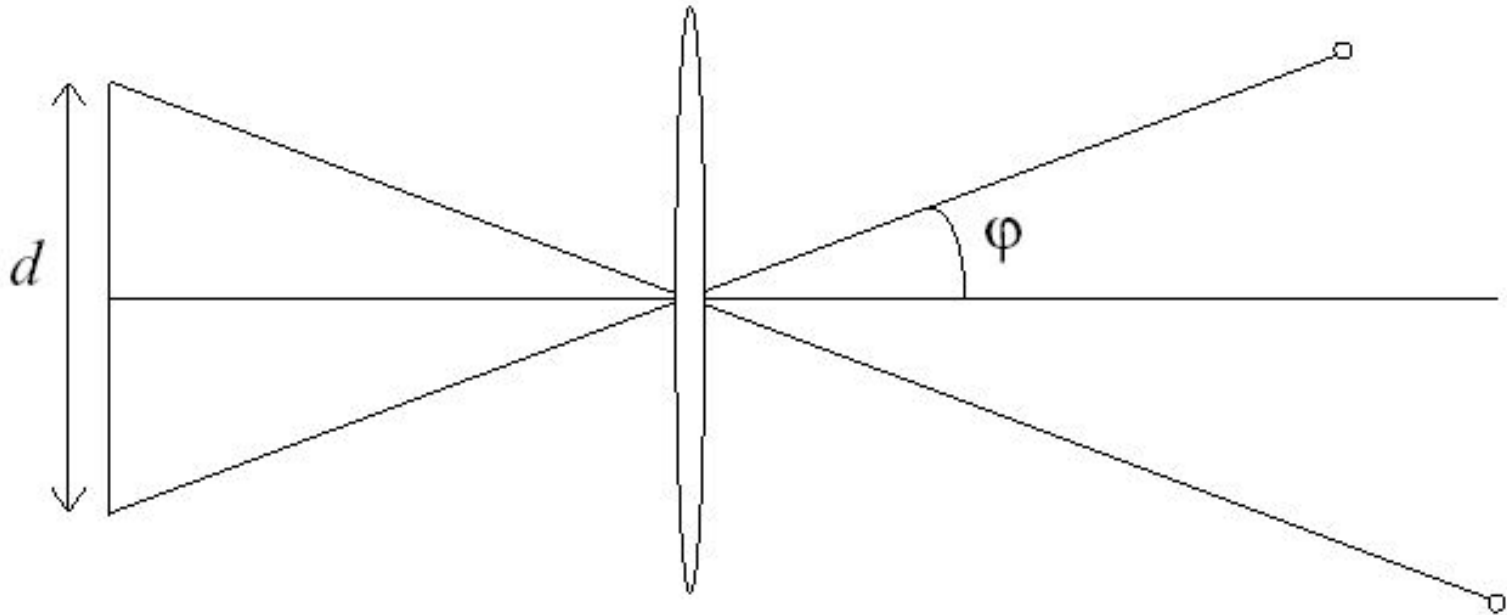


Угол обзора (поле зрения)



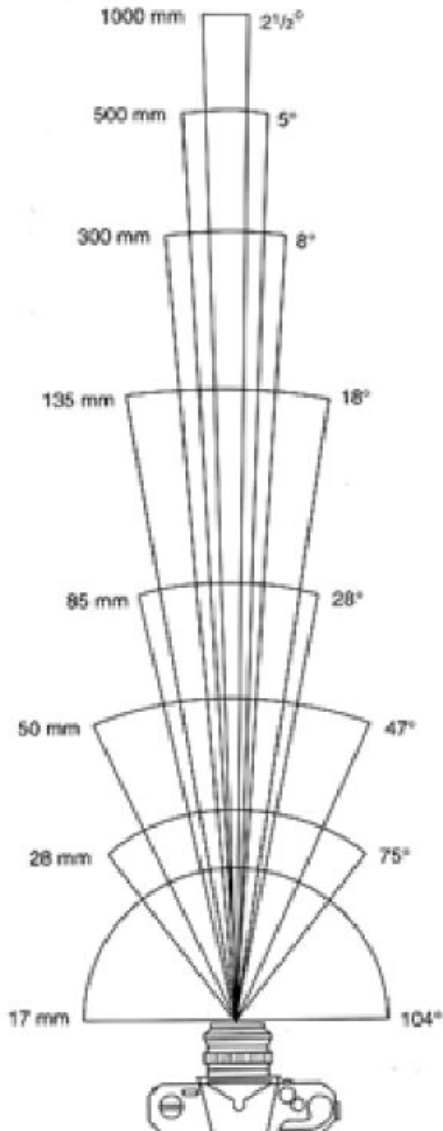
- Размер пленки и фокусное расстояние определяют угол обзора (field-of-view) камеры.
- Размеры пленки фиксирован
 - Изменение фокусного расстояния управляет полем зрения

Зависимость поля зрения от фокусного расстояния



$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{d}{2f}\right)$$

Поле зрения и трансфокация (Zoom)



17mm



28mm



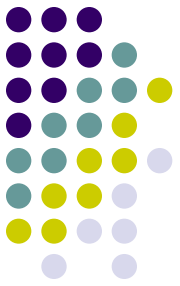
50mm

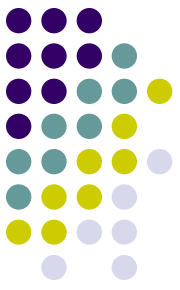


85mm

From London and Upton

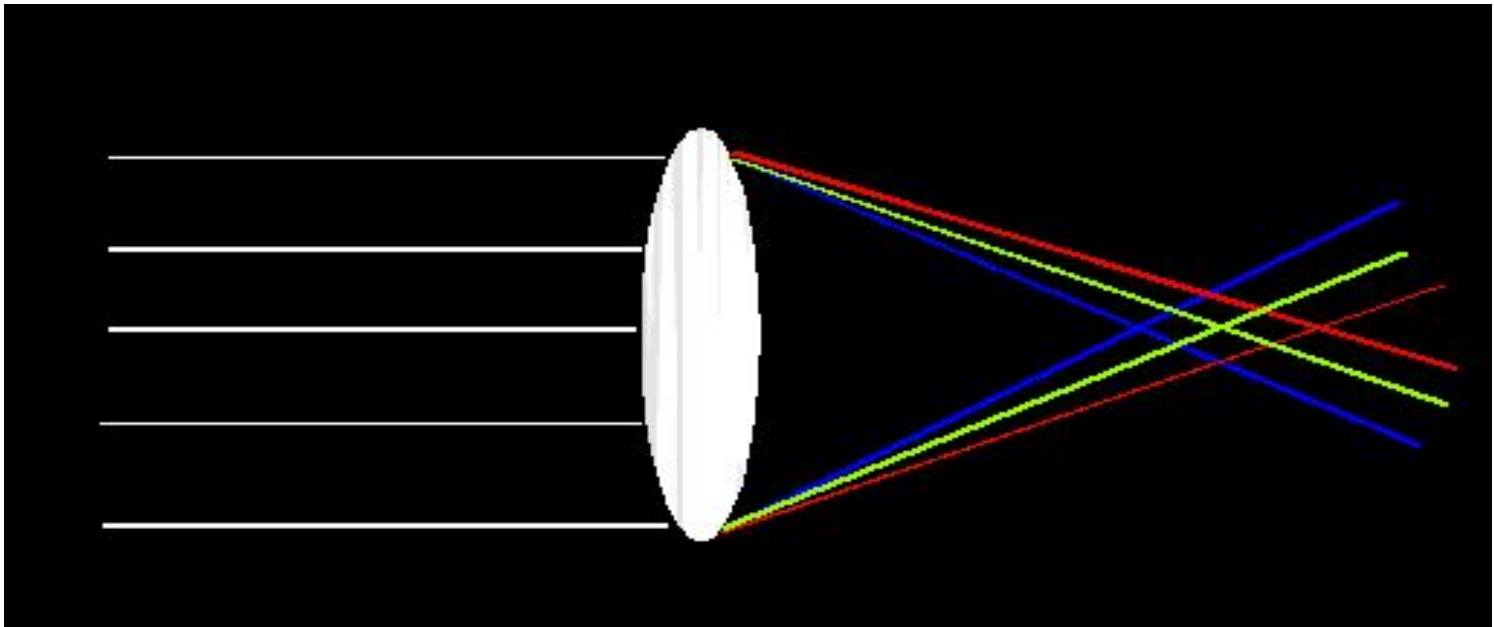
НЕДОСТАТКИ ЛИНЗ





Хроматическая аберрация

- Угол преломления света зависит от длины волны
- Лучи разного цвета преломляются по разном
- Лучи разного цвета от одной и той же точки расходятся по краям изображения



Хроматическая аберрация



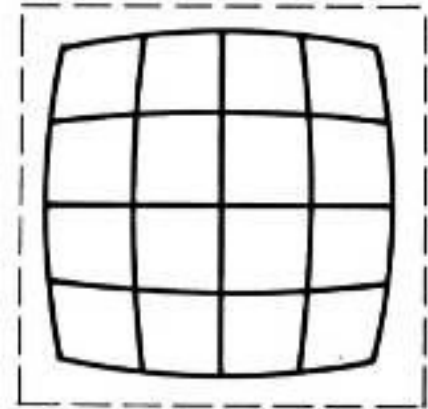
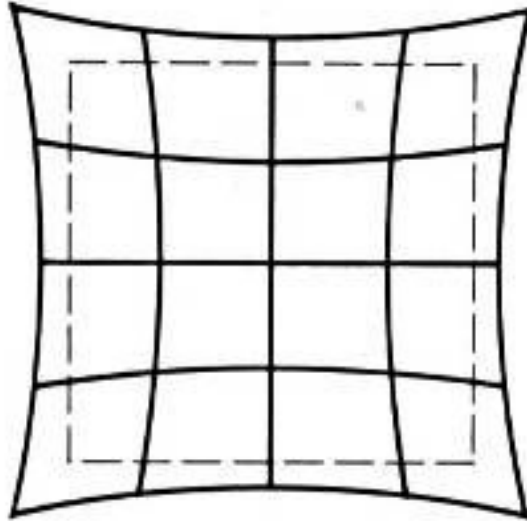
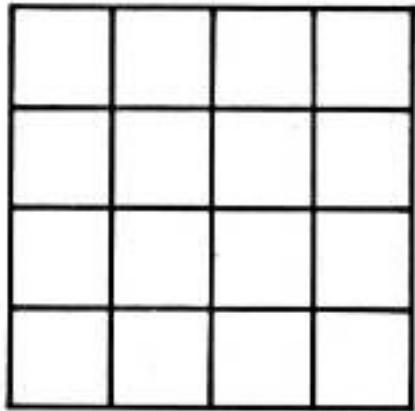
Радиальная дисторсия



Прямые линии по краям изображения превращаются в кривые

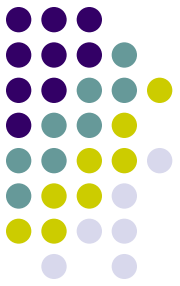


Рэ



- Идеально тонких линз не бывает!
- Нарушается допущение $\sin(x) \sim x$
- Искажения наиболее заметны по краям изображения

Изображение = Сигнал

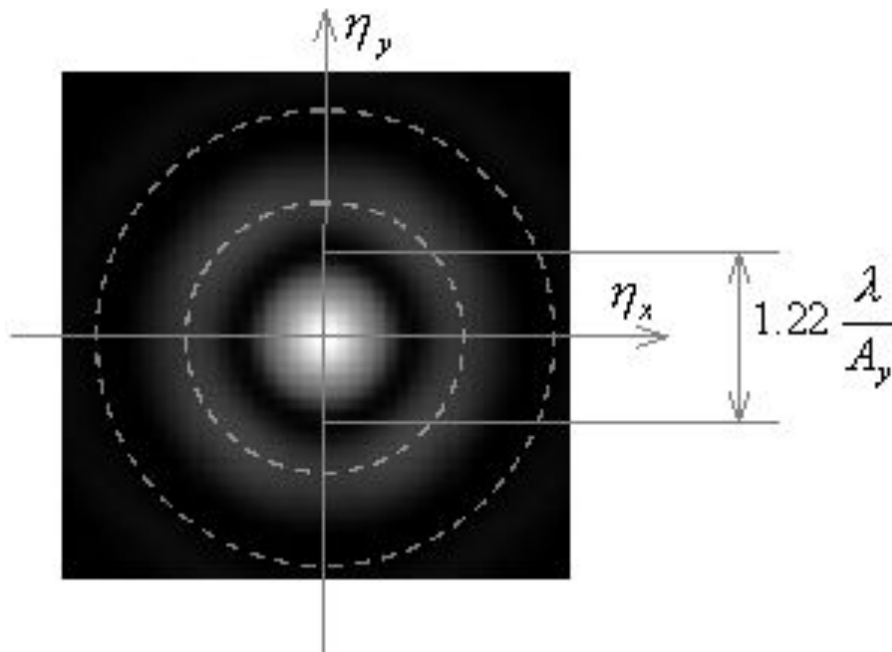


- Интенсивность от координаты $I(x,y)$
- ФРТ – функция рассеивания точки
- ОПФ – оптическая передаточная функция

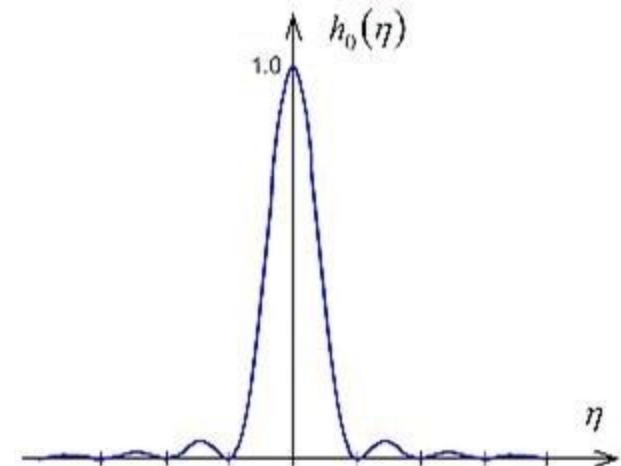
ФРТ - point spread function, PSF



- оптическая система никогда не изображает точку в виде точки
- $h(x,y)$ зависимость распределения освещенности от координат в плоскости изображения, если предмет - это светящаяся точка в центре изопланатической зоны.



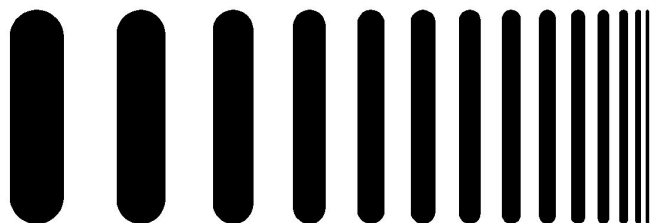
$$D = \frac{1.22\lambda}{A'_0}$$



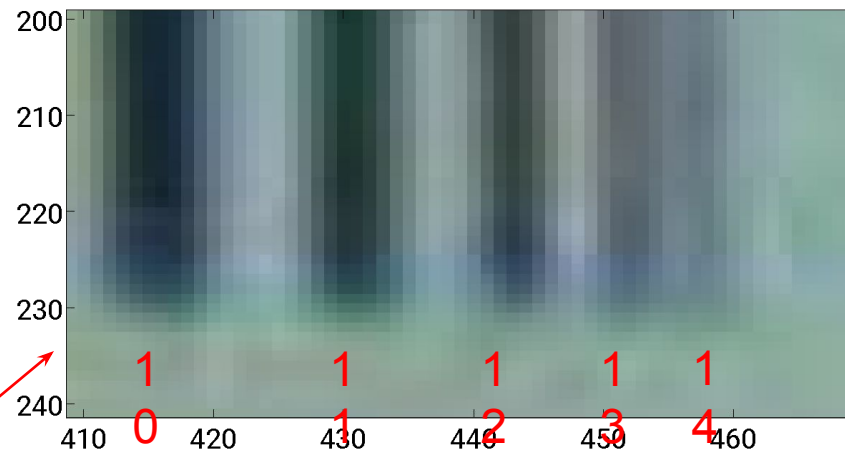
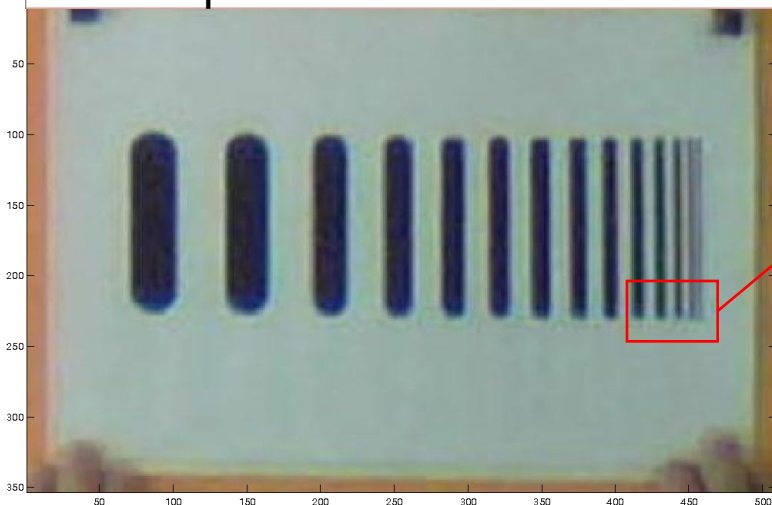
Функция рассеяния точки



Исходное
изображение



Полученное
изображение



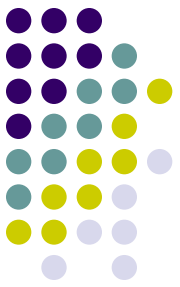
Φ PT - point spread function, PSF



$$I(x') = \int_{-\infty}^{+\infty} \int I(x) h(x' - x) dx,$$

$$I' = I \otimes h.$$

ОПФ



$$I(x) \xrightarrow{F} \tilde{I}(v) \text{ или } \tilde{I}(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int I(x) e^{2\pi i(v^T x)} dx;$$

$$I'(x') \xrightarrow{F} \tilde{I}'(v') \text{ или } \tilde{I}'(v') = \int_{-\infty}^{+\infty} \int I'(x') e^{2\pi i(v'^T x')} dx'$$

$$\tilde{I}'(v) = \tilde{I}(v) \cdot D(v)$$

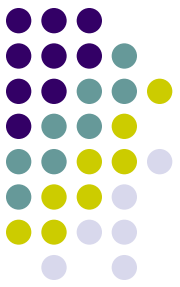
$$D(v) = F[h(x')]$$

Построение признаков для изображений

- Признаки формы
- Признаки порядка
- Признаки структуры



Литература



- Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учебное пособие для вузов — М: из-во МГТУ, 2001 — 352.
- Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры: Учебное пособие для вузов — М: из-во МГТУ, 2004
- Математические методы распознавания образов. Курс лекций. МГУ, ВМиК, кафедра «Математические методы прогнозирования», Местецкий Л.М., 2002–2004.