

ФГБОУ ВО «СибАДИ»

Кафедра «Геодезия и инженерные изыскания в строительстве»

Дисциплина:

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ
И
ФОТОГРАММЕТРИЯ

Лекция 2

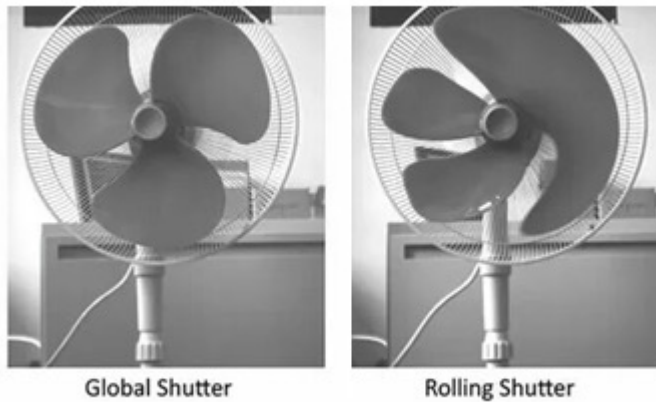
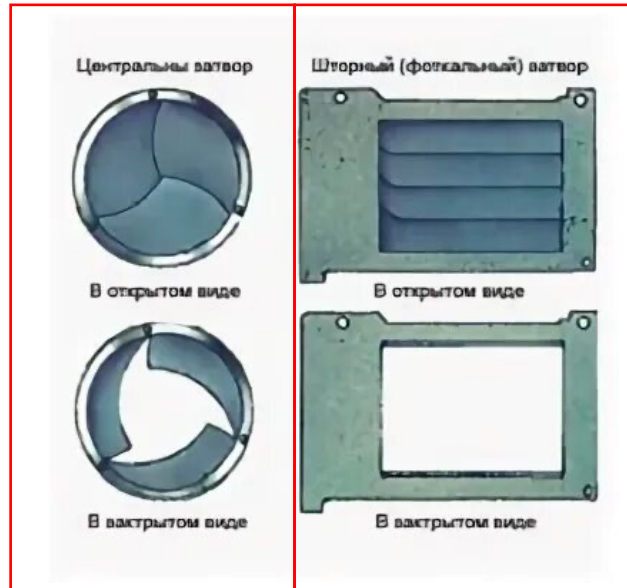
ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СКАНЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Все системы дистанционного зондирования можно условно разделить на две группы— **кадровые** и **сканерные** съемочные системы.

В кадровых съемочных системах всё изображение получается в один момент времени.

Сканерная съемочная система позволяет получать непрерывное изображение снимаемой поверхности за счет перемещения носителя (самолета, спутника). В сканерной системе в один момент времени формируется изображение одной точки или строки в зависимости от типа съемочной системы, поэтому у каждой строки или пикселя сканерного изображения свои элементы внешнего ориентирования.

Классификация систем дистанционного зондирования



Принцип формирования изображения с помощью оптико-электронной сканерной съемочной системы

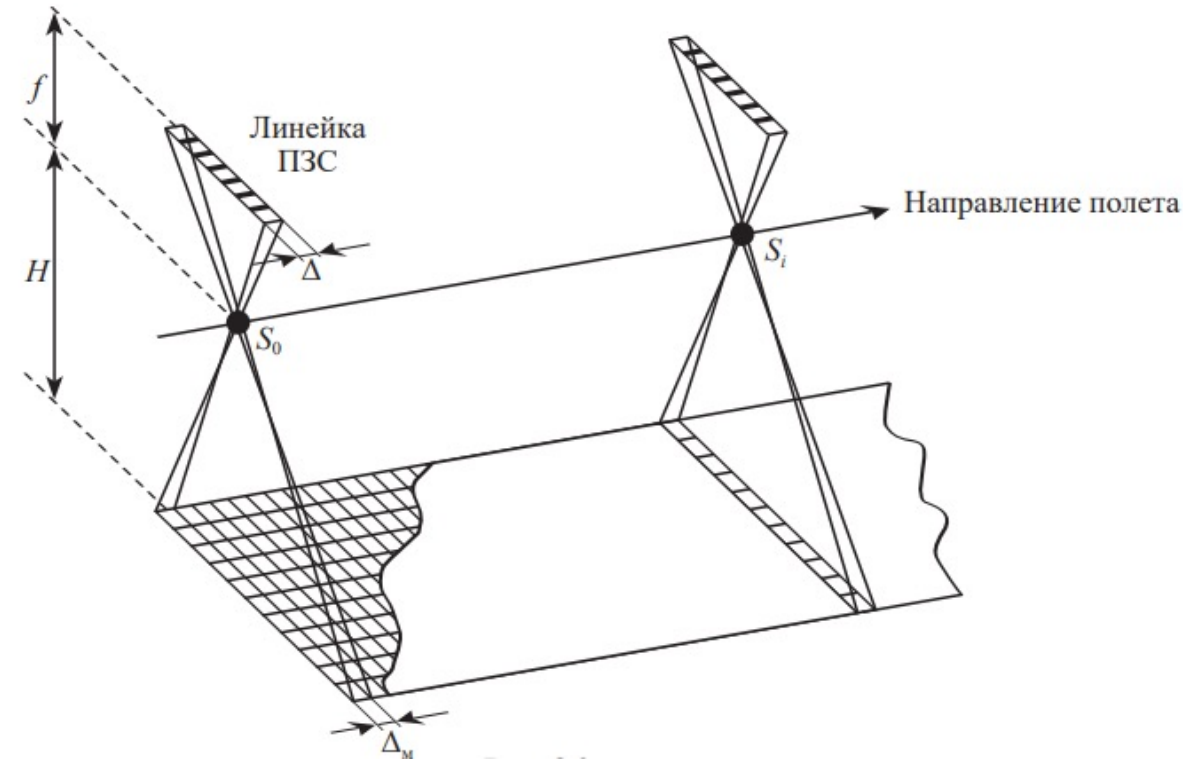
Оптико-электронные сканеры основаны на применении **линеек и матриц ПЗС**, формирующих в один момент времени строку изображения.

Изображение формируется за счет перемещения носителя камеры. В результате получают непрерывное изображение снимаемого участка местности, состоящее из множества строк.

В пределах одной строки изображение соответствует центральной проекции со своими элементами внешнего ориентирования, которые фиксируются во время съемки.

Знание элементов внешнего ориентирования каждой строки изображения необходимо для корректной фотограмметрической обработки таких изображений.

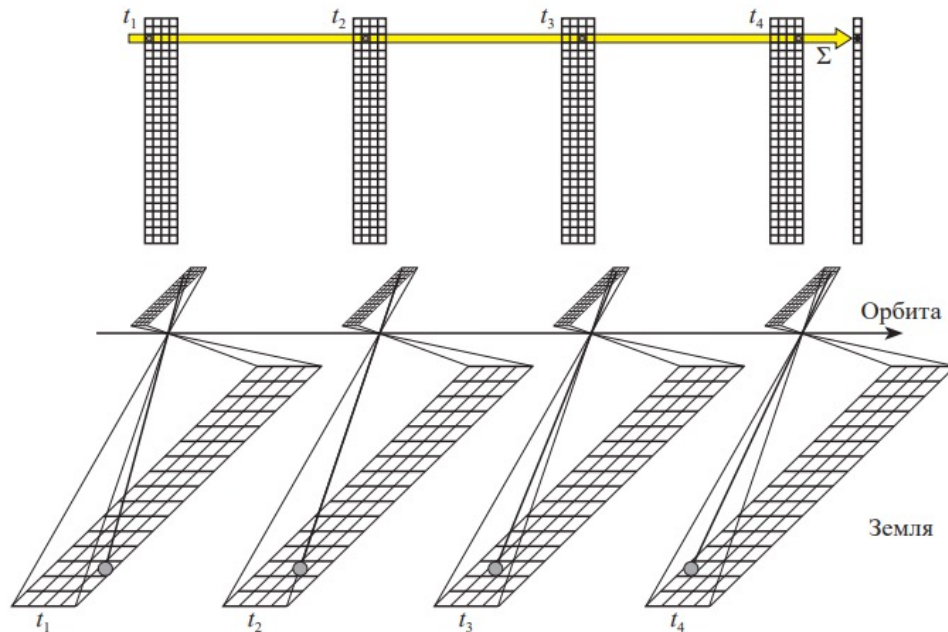
У космических сканерных съемочных систем для получения хорошего разрешения на местности фокусное расстояния f как правило более одного метра.



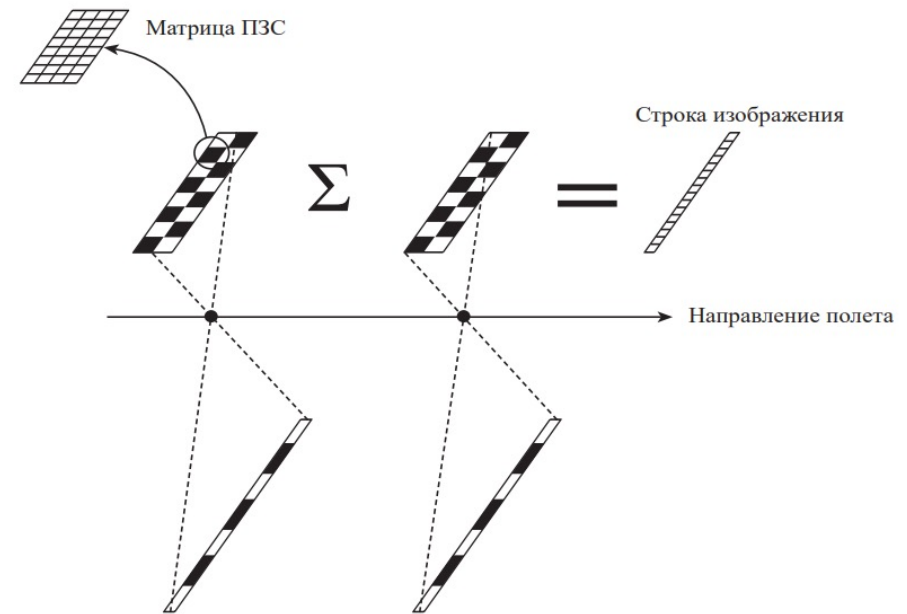
ПЗС-матрица (сокр. от «прибор с зарядовой связью»), или **CCD-матрица** (сокр. от англ. **CCD**, charge-coupled device) — специализированная аналоговая интегральная микросхема, состоящая из светочувствительных фотодиодов, выполненная на основе кремния, использующая технологию **ПЗС**.

Принцип формирования изображения с помощью оптико-электронной сканерной съемочной системы. Системы координат сканера

В некоторых сканерных системах в качестве сенсора используется не линейка, а матрица ПЗС, что позволяет уменьшить смаз изображения.



У некоторых съемочных сканерных систем в фокальной плоскости находятся несколько матриц, расположенных в шахматном порядке с перекрытием. Здесь одна строка изображения формируется также путем накопления зарядов от строки к строке матриц ПЗС.

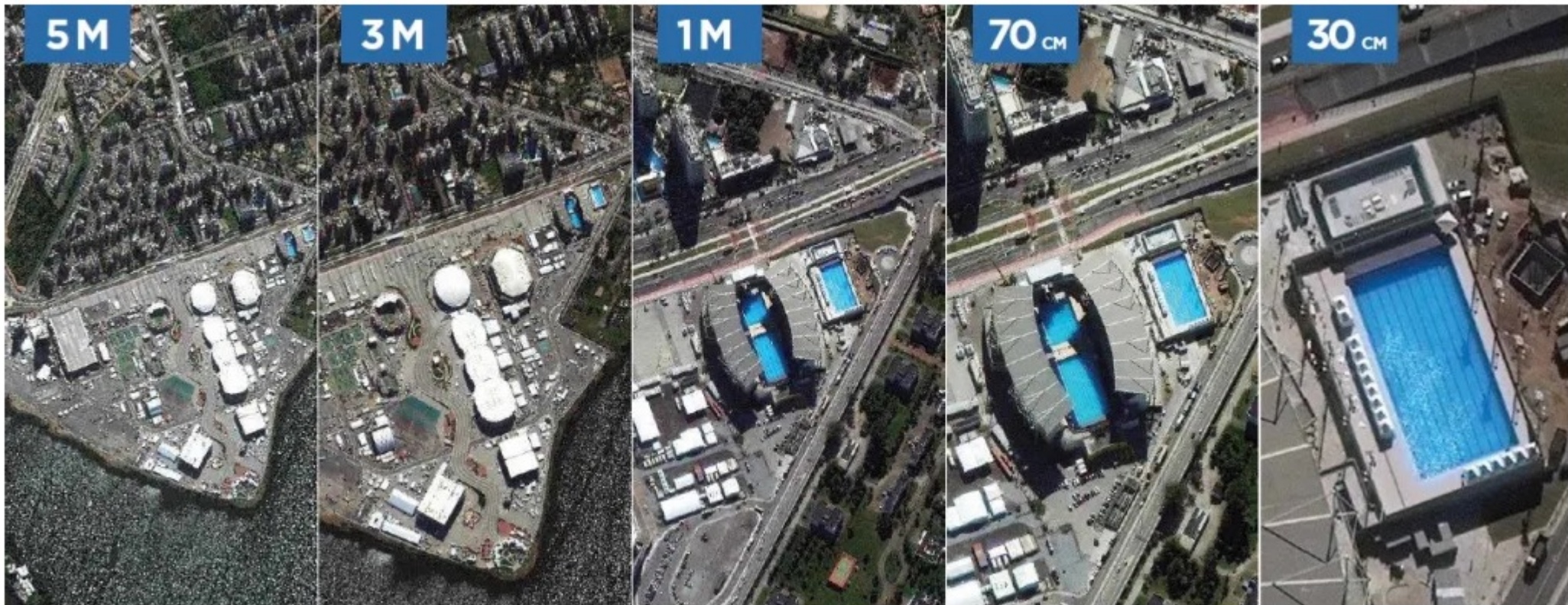


Примеры космических оптико-электронных съемочных систем

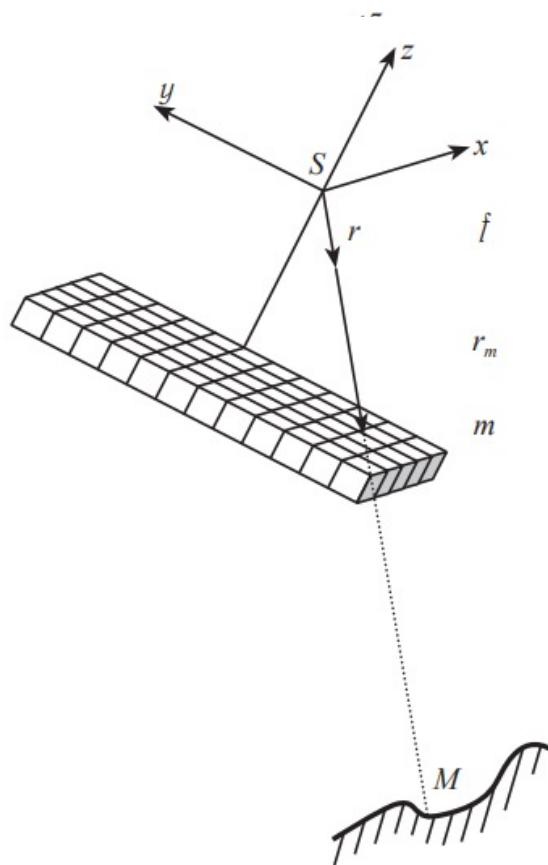
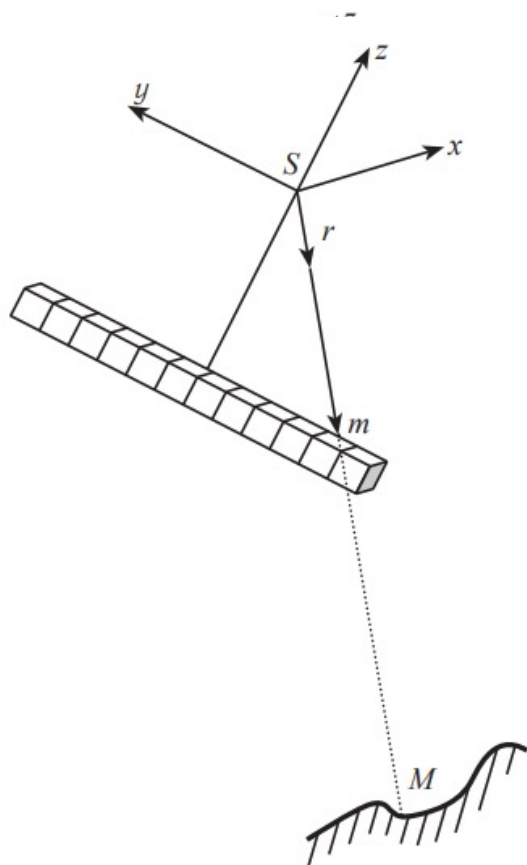
Название (страна)		Разрешение, м	Ширина полосы захвата, км	Высота орбиты, км
WorldView-3 (США)		0,31	13.1	617
GeoEye-1 (США)		0,5	15	681
KAMPSAT-3 (Ю. Корея)		0,5	16	685
SPOT 6 (Франция)		1,5	60	694
Pleades (Франция, Италия)		0,5	20	694
Ресурс-П (РФ)		1	38	475
Канопус-В (РФ)		2,7	23	675

Типы пространственного разрешения космических снимков

- Низкое разрешение (более 10 м)
- Среднее разрешение (2,5 - 10 м)
- Высокое разрешение (1 - 2,5 м)
- Сверхвысоким разрешение (меньше 1 м)



Система координат сканера



На рисунке показана система координат сканера с одной линейкой или матрицей ПЗС.

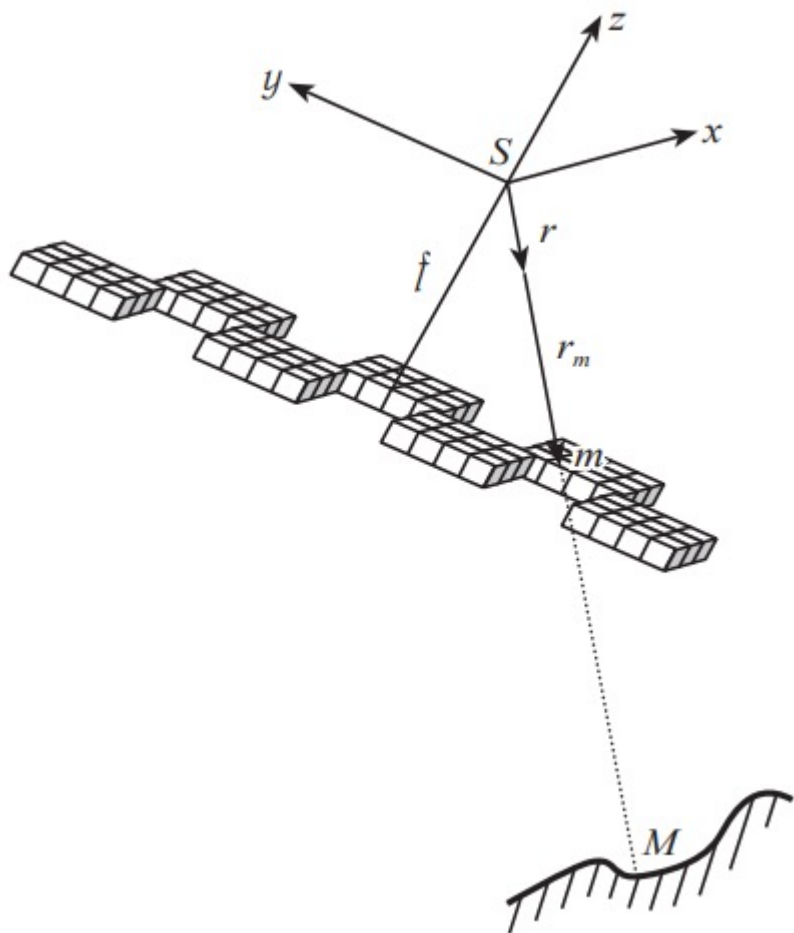
Начало системы координат сканера S_{xyz} совпадает с центром проекции S ;

ось z проходит через центр проекции перпендикулярно к линейке (матрице) ПЗС;

ось y — параллельна линейке или строкам матрицы ПЗС;

ось x — дополняет систему координат до правой (совпадает с направлением полета носителя).

Система координат сканера



Для сканеров, у которых в фокальной плоскости находятся два ряда матриц, расположенных в шахматном порядке,

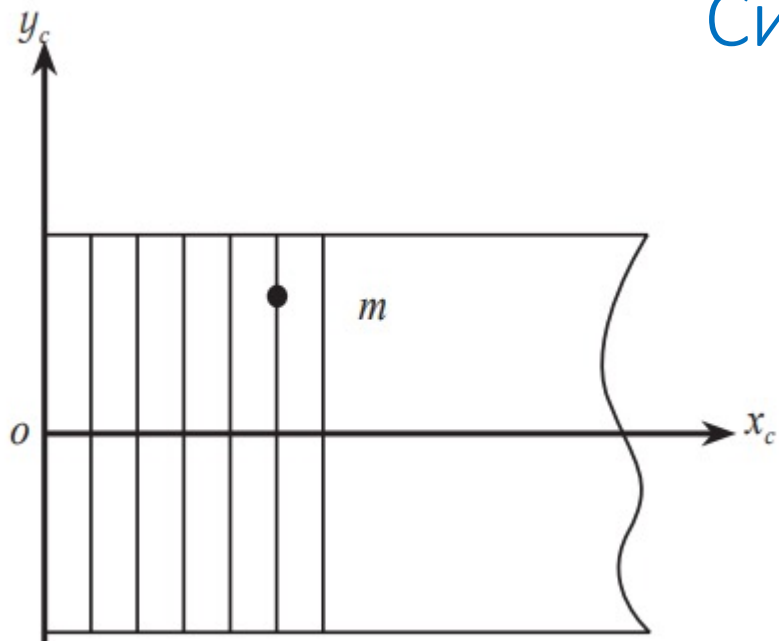
начало системы координат сканера $Sxyz$ также совпадает с центром проекции S ;

ось z проходит через центр проекции перпендикулярно к фокальной плоскости;

ось y — параллельна строкам матриц ПЗС;

ось x — дополняет систему координат до правой.

Система координат сканера



На рисунке показана система координат сканерного изображения:

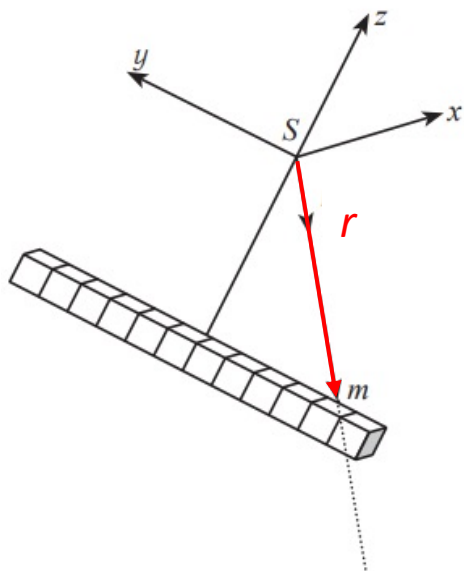
ось y_c — совпадает с одной из строк изображения;

начало системы координат **O** находится в середине строки;

ось x_c — дополняет систему до правой.

По измеренной координате x_c точки изображения $\mathbf{m}(x_c, y_c)$ можно узнать в какой строке находится данная точка, а следовательно, и время формирования изображения этой строки и ее элементы внешнего ориентирования.

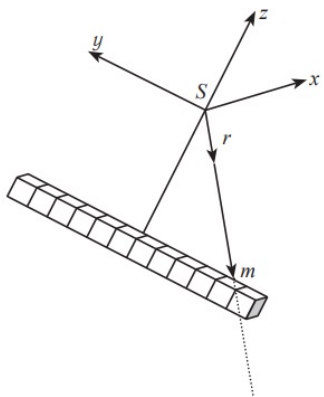
Измерив координату y_c , можно восстановить проектирующий луч, определяющий направление на точку местности, т.е. вектор $\mathbf{r}_m$ имеет следующие координаты в системе координат сканера:



$$\mathbf{r}_m = \begin{pmatrix} x_c - x_0 \\ y_c - y_0 \\ -f \end{pmatrix},$$

Система координат сканера

Координаты соответствующего **единичного вектора** $\mathbf{r}$ можно определить по формуле:



$$\mathbf{r} = \begin{pmatrix} \frac{x_i - x_0}{|r_m|} \\ \frac{y_c - y_0}{|r_m|} \\ \frac{-f}{|r_m|} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix},$$

$$\text{где } |r_m| = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_c - y_0)^2 + f^2}.$$

$\mathbf{x}_0, \mathbf{y}_0$ — координаты главной точки сканерной съемочной системы в системе координат сканера;
 $\mathbf{x}_i$ — абсцисса последней строки матрицы ПЗС в системе координат сканера, в которой заканчивается формирование строки изображения;
 $\mathbf{i}$ — номер матрицы (четная, нечетная).

В одной строке, в зависимости от $\mathbf{y}_c$ будут пиксели с разными $\mathbf{x}_i$, так как строка формируется из разных матриц со смещением по оси $\mathbf{x}$.

Величины $\mathbf{y}_0$ и $\mathbf{x}_i$ определяются в результате калибровки сканерной съемочной системы.

Для сканерной съемочной системы, у которой в качестве сенсора используется линейка ПЗС, $\mathbf{x}_i = 0$.

Принцип формирования изображения с помощью оптико-механической сканерной съемочной системы

Изображение строки в оптико-механическом сканере формируется за счет вращения зеркала, а сами строки — за счет перемещения носителя съемочной системы.

Таким образом, каждый пиксель изображения имеет свои **элементы внешнего ориентирования**:

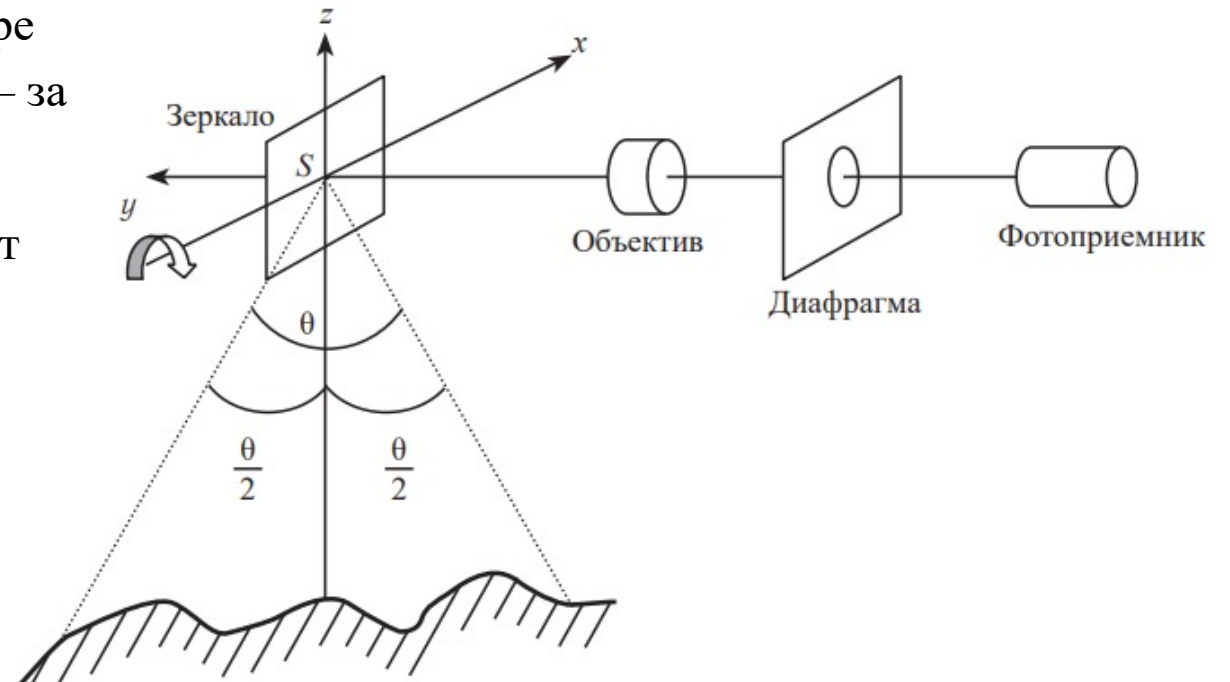
ось x совпадает с осью вращения зеркала;

ось z совпадает с биссектрисой угла поля зрения съемочной системы;

ось y дополняет систему до правой;

началом системы координат сканера является точка S — точка пересечения оси вращения зеркала и главной оптической оси объектива;

θ (Тета) — угол поля зрения сканера.



Система координат сканера

Система координат сканерного изображения задается так же, как и для оптико-электронного сканера:

- ось y_c совпадает с одной из строк изображения;
- начало системы координат O находится в середине строки;
- ось x_c дополняет систему до правой.

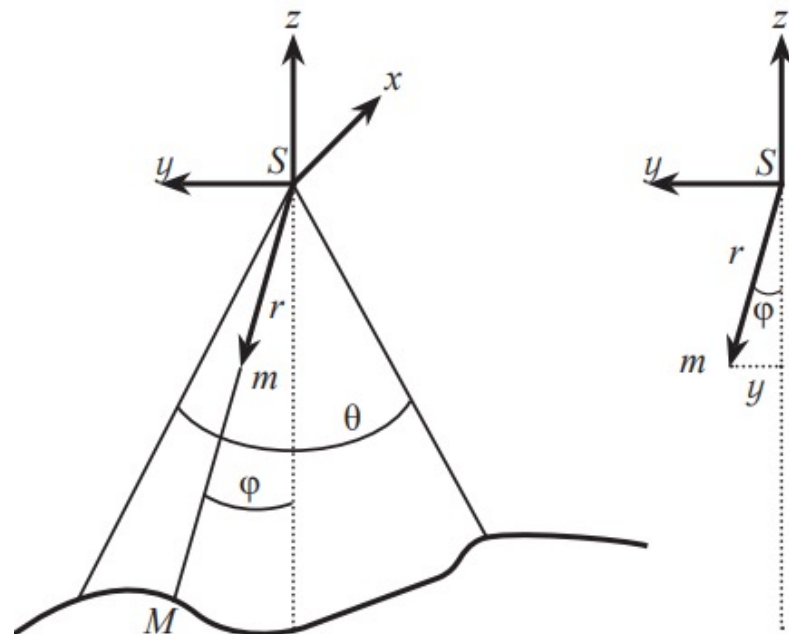
По измеренным координатам точки изображения x_c, y_c можно получить время формирования изображения данного пикселя, а следовательно, и элементы внешнего ориентирования сканера в этот момент.

Направление на точку местности M в системе координат сканера определяет единичный вектор r , координаты которого можно определить следующим образом:

$$r = \begin{pmatrix} 0 \\ \sin \varphi \\ -\cos \varphi \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ y \\ z \end{pmatrix}; \quad \varphi = \frac{\theta}{l_y} y_m,$$

где l_y — размер кадра в пикселях вдоль оси y ;

y_m — координата точки m в системе координат изображения.



Математическая модель сканерных изображений

Под **математической моделью сканерных изображений** будем понимать связь координат точек изображений и соответствующих координат точек местности.

Строгая математическая модель сканерных изображений выражается в виде известных уравнений коллинеарности:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_{Si} + (Z - Z_{Si}) \frac{X'}{Z'}; \\ Y &= Y_{Si} + (Z - Z_{Si}) \frac{Y'}{Z'}, \end{aligned} \right\}, \text{ где } \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \mathbf{A}_i \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix};$$

Здесь $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ — координаты единичного вектора, определяющие направление на точку сканерного изображения;

X, Y, Z — координаты соответствующей точки местности;

X_{Si}, Y_{Si}, Z_{Si} — значения линейных элементов внешнего ориентирования съёмочной системы в момент формирования изображения i строки или точки изображения;

$\mathbf{A}_i$ — матрица поворота системы координат сканера в момент формирования i -ой строки или точки изображения.

Связь координат точек местности и сканерного изображения, выраженная через RPC-коэффициенты

В последнее время широкое распространение получили так называемые **RPC-коэффициенты** (rational polynomial coefficients), которые входят в **дробно-рациональные функции**, описывающие связь координат точек местности и сканерного изображения. Эти функции имеют следующий вид:

$$X = \frac{R_1(x, y, Z)}{R_2(x, y, Z)}; \quad Y = \frac{R_3(x, y, Z)}{R_4(x, y, Z)};$$

где **x, y** — координаты точек сканерного изображения;

X, Y, Z — координаты соответствующих точек местности;

R1(x,y,Z), R2(x,y,Z), R3(x,y,Z), R4(x,y,Z) — полиномы, имеющие следующий вид:

$$\begin{aligned} R(x, y, Z) = & b_1 + b_2x + b_3y + b_4Z + b_5xy + b_6xZ + \\ & + b_7yZ + b_8x^2 + b_9y^2 + b_{10}Z^2 + b_{11}xyZ + b_{12}x^3 + \\ & + b_{13}xy^2 + b_{14}xZ^2 + b_{15}x^2y + b_{16}y^3 + b_{17}yZ^2 + \\ & + b_{18}x^2Z + b_{19}y^2Z + b_{20}Z^3; \end{aligned}$$

Коэффициенты **a_i, b_i**, входящие в уравнения, называются **RPC коэффициентами** и поставляются с космическими сканерными изображениями **вместо элементов внешнего ориентирования сканера** во время получения изображения.