

# **Ввод и обработка данных дистанционного зондирования Земли**

**Лектор: к.т.н. Токарева Ольга Сергеевна**

**Лекция 4**

# Геометрическая коррекция

## Геометрическая коррекция

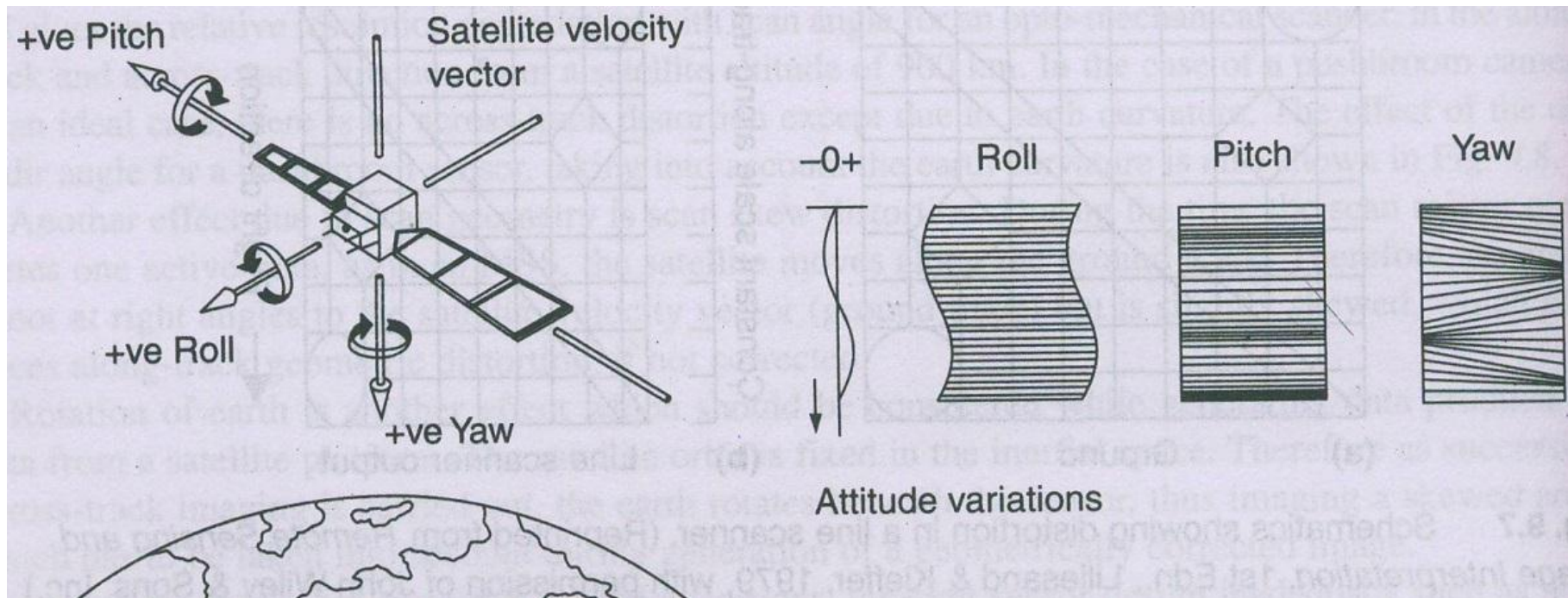
- исправляет искажения, определяемые съёмочной системой;
- исправляет пространственные и масштабные ошибки, происходящие от изменения высоты, скорости полета, пространственного положения съёмочной платформы;
- проводится для преобразования КС в определенную картографическую проекцию;
- проводится для более точного совмещения КС.

# Геометрическая коррекция

**Полосчатость** – имеет место, если один из детекторов теряет настройку и записывает значения большие или меньшие, чем другие детекторы в той же зоне съемки над той же поверхностью Земли.

**Выпадение строк** – имеет место, если детектор выходит из строя или временно перенасыщается.

# Геометрическая коррекция



# Геометрическая коррекция

**Координатная привязка, геокодирование** – выполняется, чтобы снимок имел свойства карты или для более точного совмещения двух снимков

**Задачи, требующие выполнения предварительного трансформирования:**

- Выявление изменений на разных снимках одной территории, когда требуется попиксельное сопоставление;
- Создание мозаик изображений и фотокарт;
- Использование снимков в ГИС, в том числе совместно с векторными слоями;
- Получение точных величин расстояний и площадей;
- Выполнение географического анализа, требующего точной локализации данных.

# Геометрическая коррекция

## Этапы:

1. Выбор способа трансформирования.
2. Локализация контрольных точек.
3. Расчет ошибок и оценка результатов трансформирования.
4. Переопределение значений пикселей и создание выходного файла изображения с новой информацией о координатах.

**При неопределенных свойствах изображения используются полиномиальные преобразования  $n$ -го порядка:**

$$u=f(x,y)$$

$$v=g(x,y)$$

где  $x, y$  – координаты в исходной системе координат;  
 $u, v$  – трансформированные координаты

# Геометрическая коррекция

Аффинные (линейные) преобразования выполняются полиномами 1-ой степени:

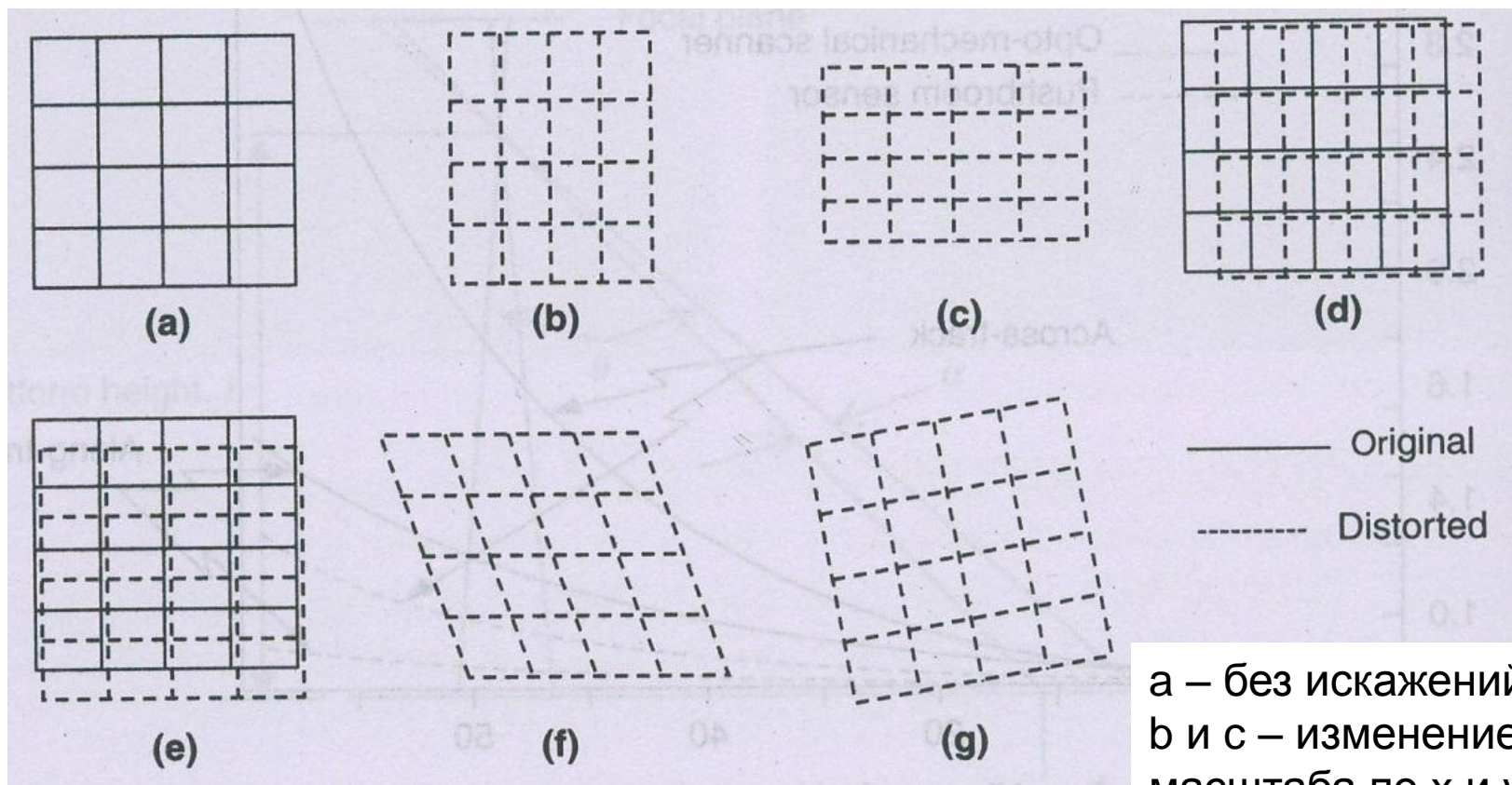
$$u = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$v = b_0 + b_1x + b_2y$$

Используются для выполнения:

- параллельного переноса;
- поворота;
- масштабирования;
- зеркального отражения;
- комбинаций перечисленных выше преобразований;
- проектирования исходных изображений в картографическую проекцию и преобразования картографических проекций

# Геометрическая коррекция



а – без искажений  
b и c – изменение масштаба по x и y  
d и e – перемещение по x и y  
f – сдвиг  
g - поворот



# Геометрическая коррекция

Нелинейные преобразования выполняются полиномами 2-ой степени и выше.

Полиномы 2-ой степени:

$$u = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$

$$v = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

Число коэффициентов  $k$ , используемых для пересчета двух координат связано со степенью полинома соотношением:

$$k = (n+1)(n+2)$$

# Геометрическая коррекция

Для вычисления коэффициентов используются наземные контрольные точки (НКТ) – пары точек на снимке (исходные) и на карте местности (эталонные).

Минимальное количество пар НКТ зависит от степени полинома:

$$N = k/2 = (n+1)(n+2)/2$$

Преобразование	Минимально требуемое количество пар НКТ	Рекомендуемый минимум пар НКТ
Линейное	3	6
Квадратичное	6	12
Кубическое	10	20

НКТ выбираются:

- в местах с хорошо выраженными особенностями ландшафта;
- равномерно по всей площади изображения, включая граничные области.

# Геометрическая коррекция

$$AX - U = E_1 \quad AY - V = E_2$$

где  $U^T = (u_1, u_2, \dots, u_6)$  – вектор новых координат  $U$  (известны);  
 $V^T = (v_1, v_2, \dots, v_6)$  – вектор новых координат  $V$  (известны);  
 $X^T = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_5)$  – вектор коэффициентов преобразования по  $X$  (неизвестны);  
 $Y^T = (b_0, b_1, b_2, \dots, b_5)$  – вектор коэффициентов преобразования по  $Y$  (неизвестны);  
 $E_1, E_2$  – вектора невязок;

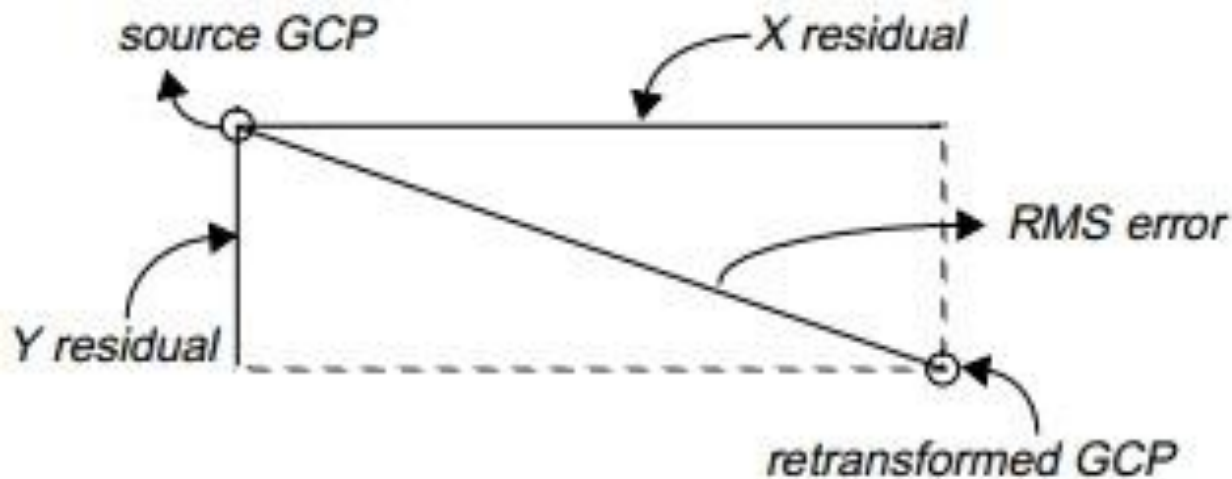
$$A = \begin{bmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1 y_1 & x_1^2 & y_1^2 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2 y_2 & x_2^2 & y_2^2 \\ \dots & & & & & \\ 1 & x_6 & y_6 & x_6 y_6 & x_6^2 & y_6^2 \end{bmatrix}$$

Решение систем уравнений выполняется по способу наименьших квадратов под условием:

$$E_1^T E_1 = \min; \quad E_2^T E_2 = \min$$

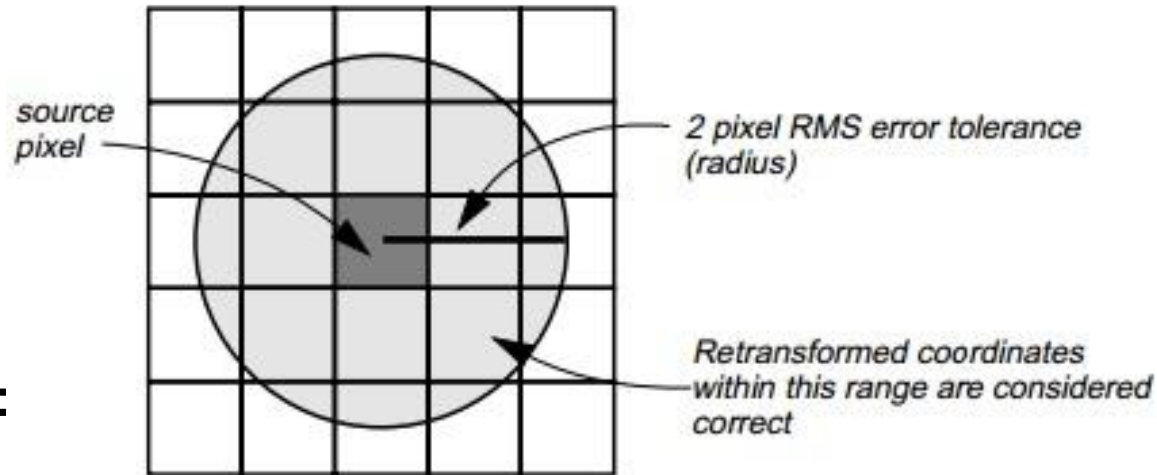
# Геометрическая коррекция

$$CKH = \sqrt{(x_r - x)^2 + (y_r - y)^2}$$



Здесь и далее использованы рисунки из  
ERDAS Imagine: FieldGuide.pdf

# Геометрическая коррекция

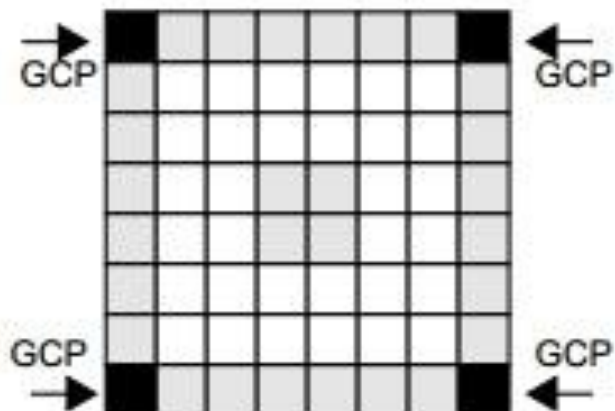


**Для повышения точности трансформации:**

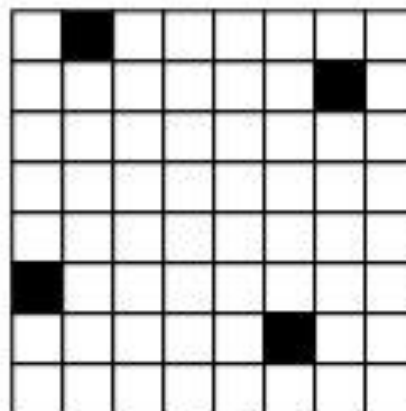
- Исключают контрольную точку с наибольшим значением среднеквадратичной невязки (ошибки) и вычисляют новые значения коэффициентов.
- Устанавливают новые параметры допуска ошибки.
- Увеличивают порядок трансформирования.
- Оставляют только те точки, относительно которых имеется наибольшая уверенность даже если их количество минимально допустимое.

# Геометрическая коррекция

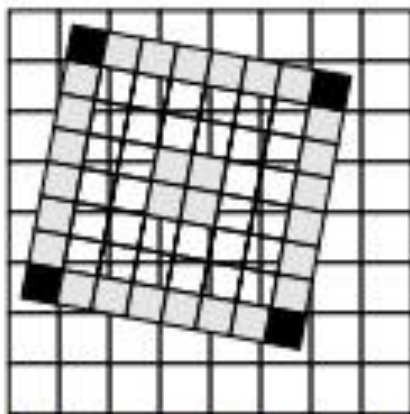
## Переопределение значений пикселей



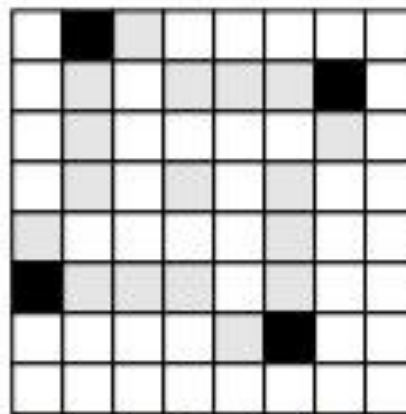
1. The input image with source GCPs.



2. The output grid, with reference GCPs shown.



3. To compare the two grids, the input image is laid over the output grid, so that the GCPs of the two grids fit together.

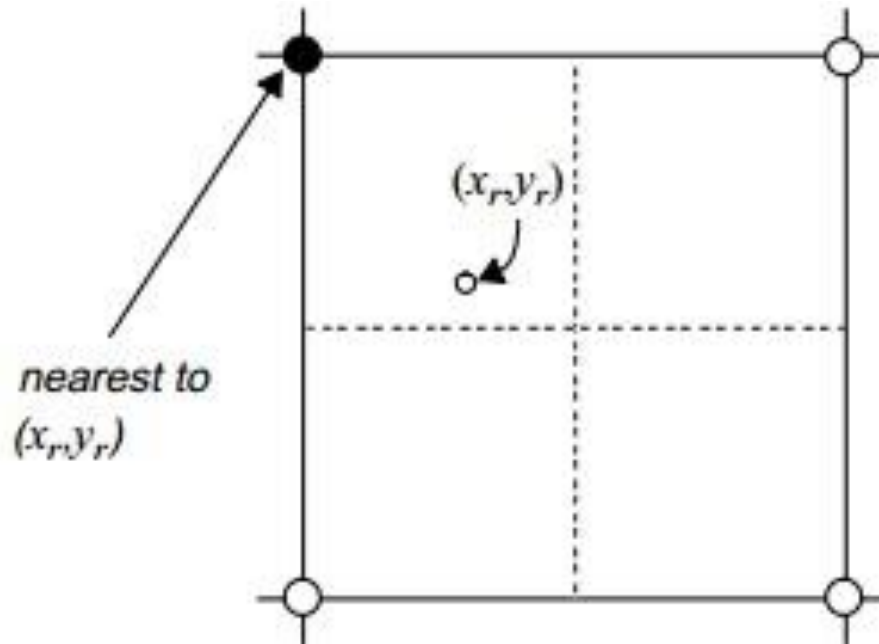


4. Using a resampling method, the pixel values of the input image are assigned to pixels in the output grid.

# Геометрическая коррекция

**Переопределение значений пикселей:**

- Метод ближайшего соседа.

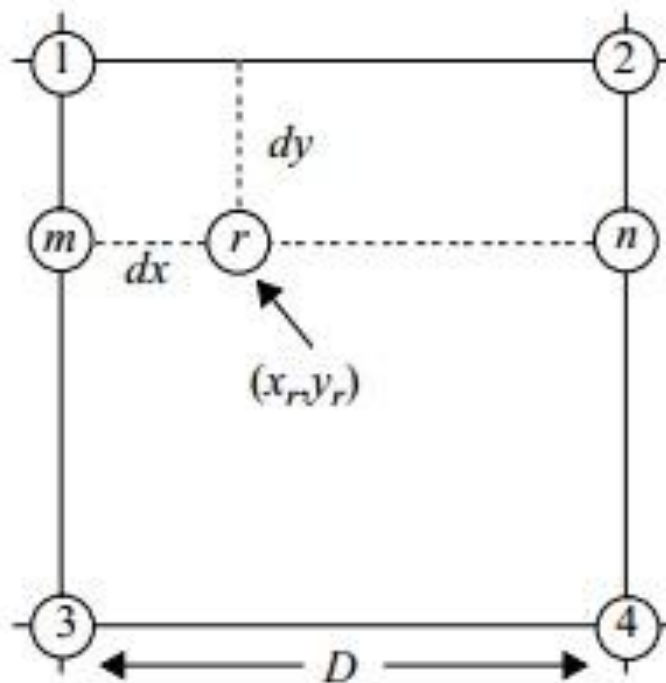


# Геометрическая коррекция

## Переопределение значений пикселей:

- Метод билинейной интерполяции

$$I'(u, v) = (1-u)\{vI(x, y+1) + (1-v)I(x, y)\} + u\{v(I(x+1, y+1) + (1-v)I(x+1, y))\}.$$



*r is the location of the retransformed coordinate*



# Геометрическая коррекция

**Переопределение значений пикселей:**

- Метод бикубической интерполяции

$$I'(u, v) = \sum a_{m,n} I(x + m, y + n) \quad 1 \leq m, n \leq 2$$

