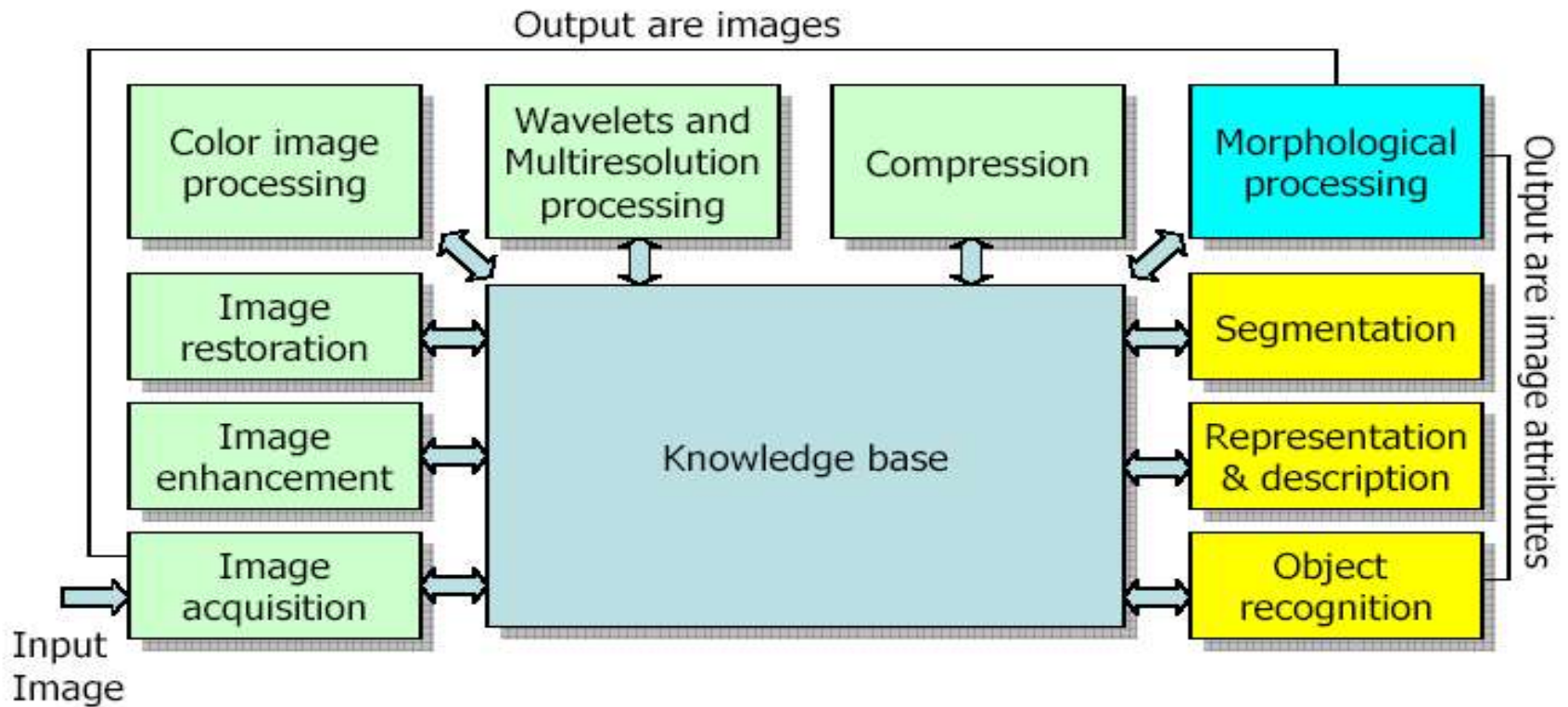
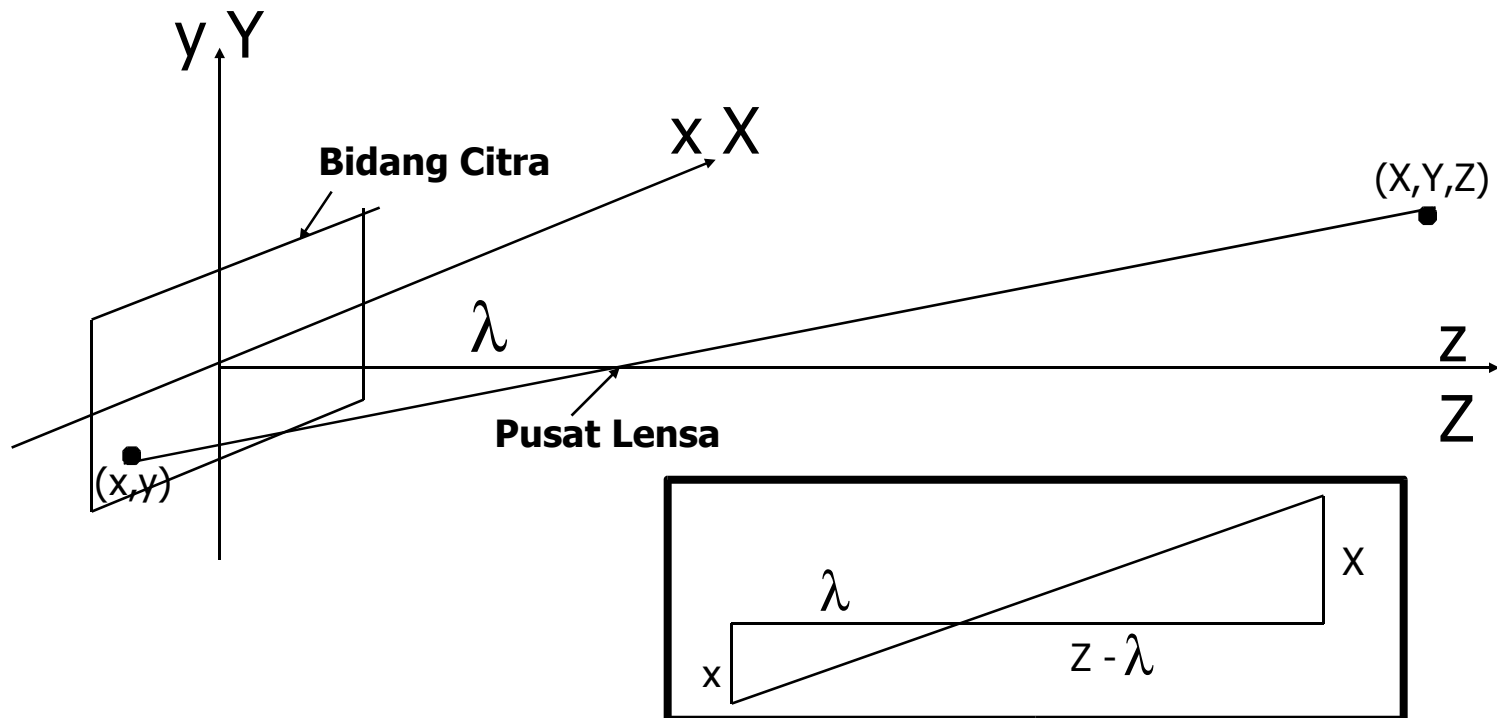


Perspective & Imaging Transformation

Components in Digital Image Processing



Perspective & Imaging Transformation



Camera coordinate system (x,y,z) dan World coordinate system (X,Y,Z)

- *Bila kedua sistem sumbu (camera dan world) dihimpitkan, maka obyek (pada ruang world) dan bayangan (pada bidang citra) akan membentuk segitiga sama dan sebangun, sehingga:*

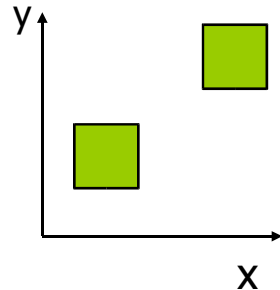
$$x/\lambda = X/(Z - \lambda)$$

dan

$$x = \lambda X/(\lambda - Z); \quad y = \lambda Y/(\lambda - Z); \quad z = \lambda Z/(\lambda - Z)$$

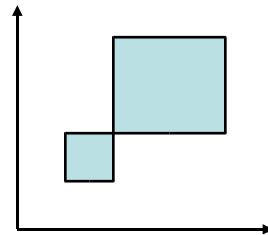
Transformasi Geometrik

Translasi



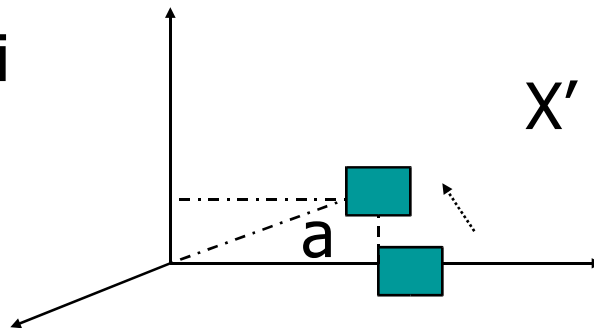
$$X' = X + T_x \quad Y' = Y + T_y$$

Skala



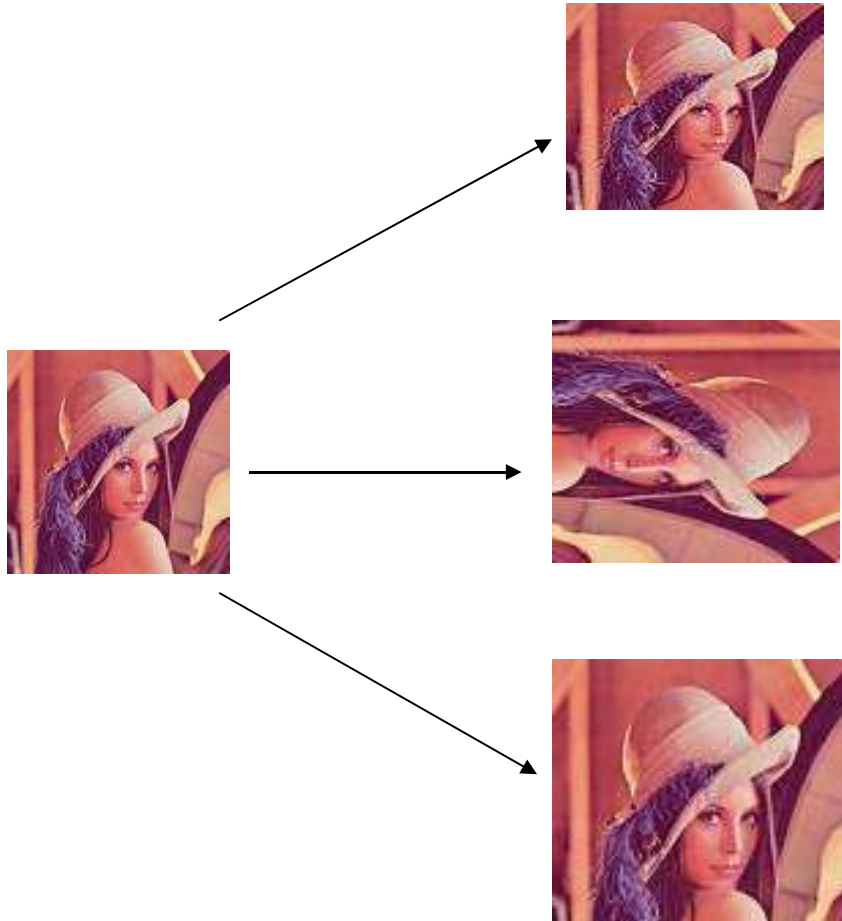
$$X' = S_x \cdot X \quad Y' = S_y \cdot Y$$

Rotasi



$$X' = X \cos(a) \quad Y' = X \sin(a)$$

Images transformation



Koordinat Sistem Homogin

- *Diperlukan suatu representasi yang seragam (homogeneous representation)*
 - Untuk memungkinkan dilakukannya transformasi komposit secara efisien
 - Untuk menyimpan faktor normalisasi koordinat akibat transformasi yang dilakukan berturut-turut
- *Matrix Transformasi*

Translasi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Skala

$$\begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rotasi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Perspective Transformation

- *Matrix transformasi perspektif*

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1/\lambda & 1 \end{bmatrix}$$

- Tanda minus artinya gambar obyek terbalik, λ adalah jarak pusat lensa, dan $1/\lambda$ merupakan faktor skala.
- *Koordinat obyek pada camera system dapat diturunkan dari koordinat obyek pada world system dengan menggunakan transformasi perspektif.*

Sistem koordinat Cartesian dan homogen

- Koordinat obyek pada **world system** dalam bentuk sistem koordinat Cartesian (W_c) dan homogeneous coordinate system (W_h)

$$W_c = \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix} \qquad W_h = \begin{vmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ k \end{vmatrix}$$

k adalah non-zero constant, biasanya diambil $k = 1$.

- Koordinat obyek pada camera system adalah C_c dan C_h masing-masing untuk sistem koordinat Cartesian dan homogeneous coordinate system (next slide)

World to Image transformation

- Perhitungan koordinat homogen sistem kamera :

$$C_h = \begin{array}{c|ccc|c|c} 1 & 0 & 0 & 0 & kX & kX \\ 0 & 1 & 0 & 0 & kY & kY \\ 0 & 0 & 1 & 0 & kZ & kZ \\ 0 & 0 & -1/\lambda & 1 & k & -(kZ/\lambda)+k \end{array}$$

- Koordinat Cartesian $C_c (x,y,z)$ diperoleh dengan membagi koordinat $C_h (x_h,y_h,z_h)$ dengan faktor koordinat ke empat, dalam hal ini yaitu:

$$-(kZ/\lambda)+k$$

Camera Basic Mathematical Model

- Koordinat Cartesian camera system

$$C_c = \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kX/(-(kZ/\hat{\lambda})+k) \\ kY/(-(kZ/\hat{\lambda})+k) \\ kZ/(-(kZ/\hat{\lambda})+k) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X/(\hat{\lambda} - Z) \\ Y/(\hat{\lambda} - Z) \\ Z/(\hat{\lambda} - Z) \end{vmatrix}$$

- Hubungan antara (x,y,z) dan (X,Y,Z) diatas disebut sebagai Camera Basic Mathematical Model

Image to World Transformation

- Suatu titik obyek $(X_o, Y_o, 0)$ terletak di bidang citra, dengan camera system dan world system berhimpit dan bidang citra terletak pada $Z = 0$, maka koordinat homogeneous dari obyek tersebut pada world system adalah:

$$W_h = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/\lambda & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} kX_o \\ kY_o \\ 0 \\ k \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} kX_o \\ kY_o \\ 0 \\ k \end{vmatrix}$$

- Titik (X_o, Y_o) merupakan titik proyeksi seluruh titik-titik 3-D yang terletak pada garis yang melalui $(X_o, Y_o, 0)$ dan $(0, 0, \lambda)$.

Image to World Transformation

- Persamaan garis yang melalui titik $(X_0, Y_0, 0)$ dan $(0, 0, \lambda)$ adalah: (lihat penurunan dari rumus segitiga sebangun yang menghasilkan hubungan antara *camera* dan *world system*)

$$X = X_0/\lambda \cdot (\lambda - Z)$$

$$Y = Y_0/\lambda \cdot (\lambda - Z)$$

- Dengan demikian kita tidak dapat menentukan titik 3-D hanya dari proyeksi titik tersebut pada bidang citra tanpa diketahuinya koordinat Z pada ruang 3-D tersebut.

Image to World Transformation

- Ambil suatu titik pada citra (X_o, Y_o, z) dimana z adalah variabel bebas yang menyatakan kedalaman atau jarak
- Maka:

$$C_h = \begin{vmatrix} kX_o \\ kY_o \\ kz \\ k \end{vmatrix} \quad W_h = \begin{vmatrix} kX_o \\ kY_o \\ kz \\ kz/\lambda + k \end{vmatrix}$$

- Titik 3-D nya adalah:

$$\begin{aligned} X &= \lambda X_o / (\lambda + z) \\ Y &= \lambda Y_o / (\lambda + z) \\ Z &= \lambda z / (\lambda + z) \end{aligned}$$

Distorsi Geometrik

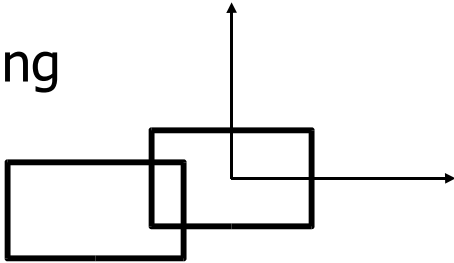
- Distorsi geometrik merupakan distorsi spatial
- Sumber: sensor (internal), platform (external) dan gerakan bumi
- Koreksi bila distorsi bersifat sederhana: centering (translasi), size (skala), skew (rotasi). Lihat matriks transformasi (lihat next slide).
- Koreksi bila distorsi bersifat kompleks: *image registration/rectification*, misal dengan *bilinear transformation* dan *least square method* (contoh pada slide-slide berikut):

$$X' = aX + bY + cXY + d$$

$$Y' = eX + f Y + gXY + h$$

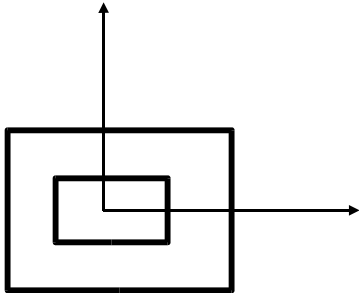
Koreksi Geometrik – Transformasi 2D

Centering



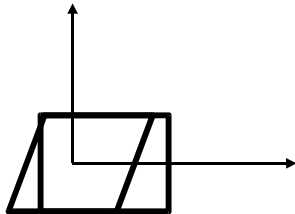
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Size



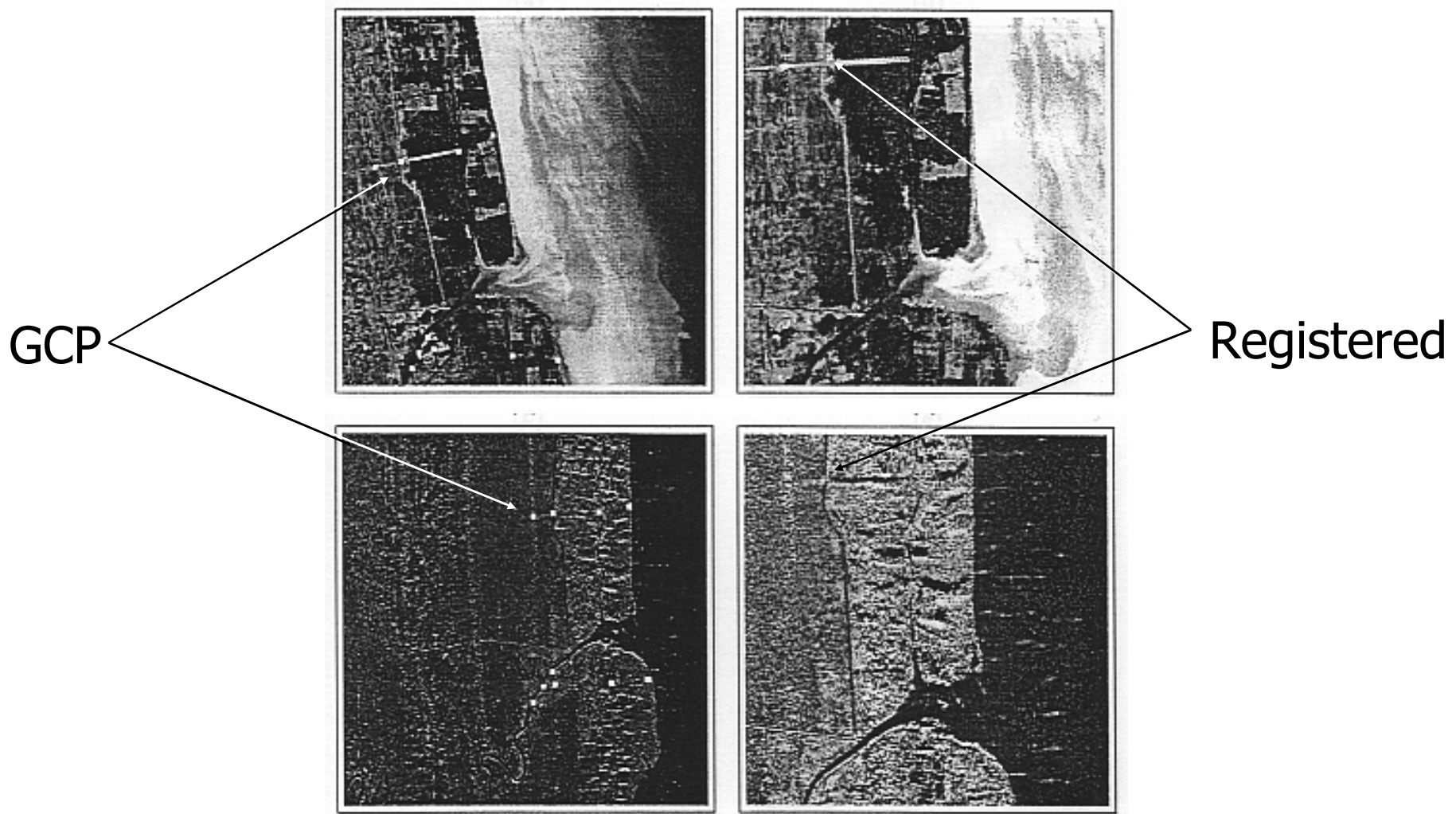
$$\begin{vmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Skew



$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos A & \sin A & 0 \\ 0 & -\sin A & \cos A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Koreksi Geometrik – Image Registration



Koreksi Geometrik – Image Registration

Diperlukan pasangan-pasangan titik-titik yang berkoresponden antara kedua citra (disebut ground control points – GCPs)

- Image registration dengan *bilinear transformation* dan *least square method*:

$$X' = aX + bY + cXY + d$$

$$Y' = eX + fY + gXY + h$$

Jumlah pasangan persamaan diatas adalah sebanyak

ground control points yang digunakan

- Salah satu citra dijadikan acuan (koordinat piksel (X, Y)), maka koordinat piksel citra yang diregistrasi (X', Y') dapat dihitung dari persamaan diatas dengan menyelesaikan koefisien $a, b, c,$ dan d .

Distorsi Radiometrik

- Muncul dalam bentuk distribusi intensitas yang tidak tepat
- Sumber: kamera (internal) dalam bentuk shading effect, atmosfer (external) dalam bentuk besarnya intensitas yang tidak sama walaupun untuk obyek yang kategorinya sama, akibat adanya kabut, posisi matahari atau substansi atmosfer lainnya
- Koreksi: dengan teknik filtering