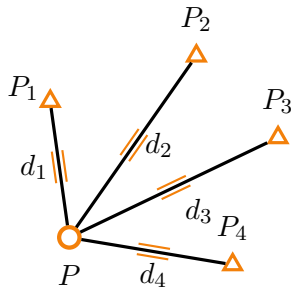


# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 15 \\ 15 \\ 12 \end{bmatrix} \text{ [mm]}$$

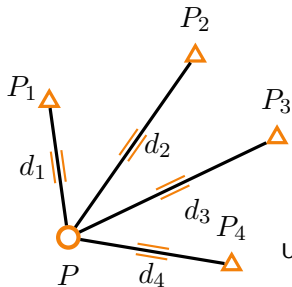
# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



Ujednolicenie jednostek

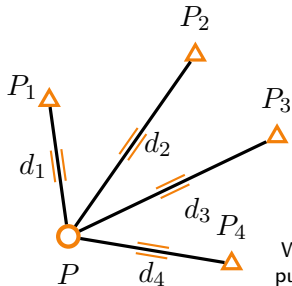
# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

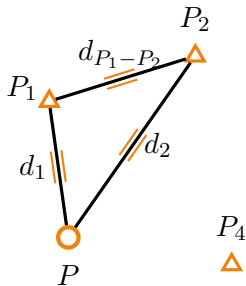
$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych (na ćwiczeniach w trosce o czas wartości te były podane, w projekcie nr 2 trzeba je sobie samodzielnie policzyć)

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

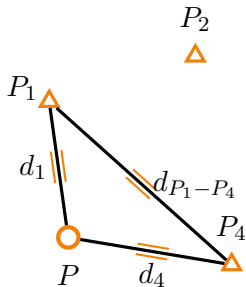
$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

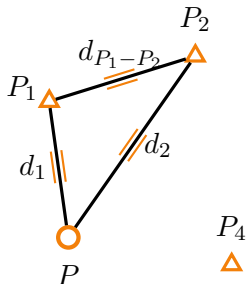
$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

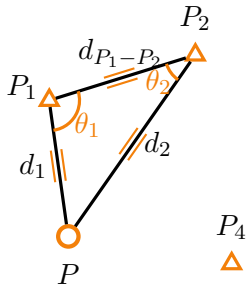
$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

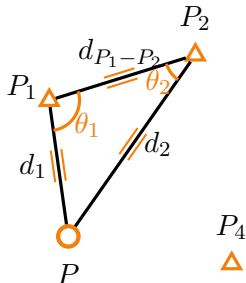
$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$   
△

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_4$   
△

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

$$d_{P_1-P_2} = \sqrt{(X_{P_2} - X_{P_1})^2 + (Y_{P_2} - Y_{P_1})^2} = 167,9767 \text{ m}$$

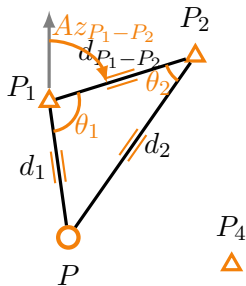
$$\theta_1 = \arccos\left(\frac{d_1^2 + d_{P_1-P_2}^2 - d_2^2}{2 \cdot d_1 \cdot d_{P_1-P_2}}\right) = 1,738\,044 \text{ rad } (\sim 110,6^\circ)$$

$$\theta_2 = \arccos\left(\frac{d_2^2 + d_{P_1-P_2}^2 - d_1^2}{2 \cdot d_2 \cdot d_{P_1-P_2}}\right) = 0,658\,430 \text{ rad } (\sim 41,9^\circ)$$



# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$   
△

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

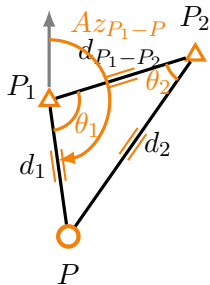
$P_4$   
△

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

$$Az_{P_1P_2} = \arctg \frac{Y_{P_2} - Y_{P_1}}{X_{P_2} - X_{P_1}} = 1,269\,304 \text{ rad } (\sim 80,8^\circ)$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$   
 $\triangle$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_4$   
 $\triangle$

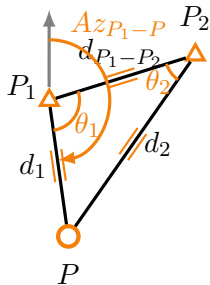
Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

$$Az_{P_1 P_2} = \arctg \frac{Y_{P_2} - Y_{P_1}}{X_{P_2} - X_{P_1}} = 1,269\,304 \text{ rad } (\sim 80,8^\circ)$$

$$Az_{P_1 P} = Az_{P_1 P_2} + \theta_1 = 3,007\,348 \text{ rad } (\sim 191,5^\circ)$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

P3  
△

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

P4  
△

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

$$Az_{P_1 P_2} = \arctg \frac{Y_{P_2} - Y_{P_1}}{X_{P_2} - X_{P_1}} = 1,269\,304 \text{ rad } (\sim 80,8^\circ)$$

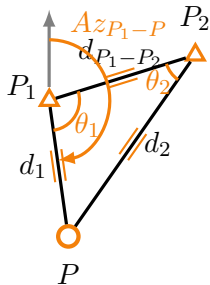
$$Az_{P_1 P} = Az_{P_1 P_2} + \theta_1 = 3,007\,348 \text{ rad } (\sim 191,5^\circ)$$

$$X_P^0 = X_{P_1} + d_1 \cdot \cos Az_{P_1 P} = 1249,983 \text{ m}$$

$$Y_P^0 = Y_{P_1} + d_1 \cdot \sin Az_{P_1 P} = 2410,038 \text{ m}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$   
△

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_4$   
△

Wyznaczenie współrzędnych przybliżonych wszystkich punktów niewiadomych

Z różnych kombinacji różne wyniki, ale rozbieżność nie większa niż kilkanaście cm

1249,983 m, 2410,038 m

1249,978 m, 2409,999 m

1249,980 m, 2410,017 m

1250,027 m, 2409,975 m

1249,996 m, 2410,019 m

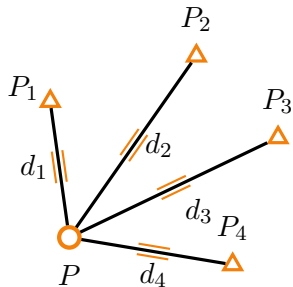
1249,950 m, 2410,012 m

W dalszym przykładzie numerycznym przyjęto wartości [1250,180 m, 2409,860 m], tak jak były podane na ćwiczeniach.

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

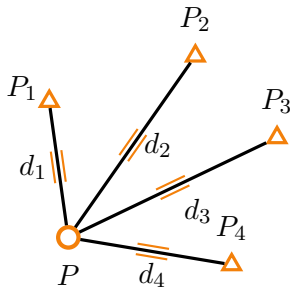
$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

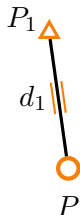
$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej  
Przypomnienie:

$$\begin{aligned} v_{d_{pk}} = & -\cos A_{pk}^0 \cdot \Delta X_p - \sin A_{pk}^0 \cdot \Delta Y_p \\ & + \cos A_{pk}^0 \cdot \Delta X_k + \sin A_{pk}^0 \cdot \Delta Y_k + \\ & + d_{pk}^0 - d_{pk}^{obs} \end{aligned}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$P_2$



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$



$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_4$



$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej

$$v_{d_{P-P_1}} = -\cos A_{P-P_1}^0 \cdot \Delta X_P - \sin A_{P-P_1}^0 \cdot \Delta Y_P + d_{P-P_1}^0 - d_{P-P_1}^{obs}$$

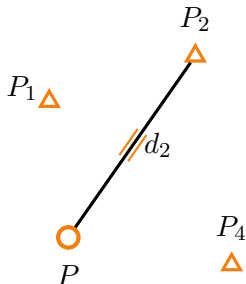
$$A_{P-P_1}^0 = \arctg \frac{Y_{P_1} - Y_P^0}{X_{P_1} - X_P^0} = -0,133254 \text{ rad } (\sim -8,5^\circ)$$

$$d_{P-P_1}^0 = \sqrt{(X_{P_1} - X_P^0)^2 + (Y_{P_1} - Y_P^0)^2} = 151,3619 \text{ m}$$

$$A = [-0,9911347 \quad 0,1328604] \quad L = [-0,21914] \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzej

$$v_{d_{P-P_2}} = -\cos A_{P-P_2}^0 \cdot \Delta X_P - \sin A_{P-P_2}^0 \cdot \Delta Y_P + d_{P-P_2}^0 - d_{P-P_2}^{obs}$$

$$A_{P-P_2}^0 = \arctg \frac{Y_{P_2} - Y_P^0}{X_{P_2} - X_P^0} = 0,611934 \text{ rad} (\sim 39,0^\circ)$$

$$d_{P-P_2}^0 = \sqrt{(X_{P_2} - X_P^0)^2 + (Y_{P_2} - Y_P^0)^2} = 244,2157 \text{ m}$$

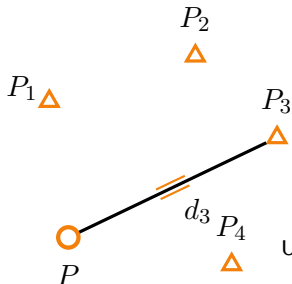
$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 \\ -0,8185387 & -0,5744512 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej

$$v_{d_{P-P_3}} = -\cos A_{P-P_3}^0 \cdot \Delta X_P - \sin A_{P-P_3}^0 \cdot \Delta Y_P + d_{P-P_3}^0 - d_{P-P_3}^{obs}$$

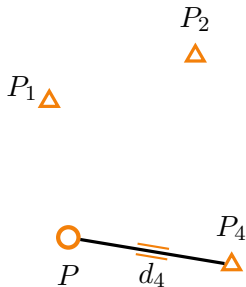
$$A_{P-P_3}^0 = \arctg \frac{Y_{P_3} - Y_P^0}{X_{P_3} - X_P^0} = 1,126596 \text{ rad } (\sim 71,7^\circ)$$

$$d_{P-P_3}^0 = \sqrt{(X_{P_3} - X_P^0)^2 + (Y_{P_3} - Y_P^0)^2} = 255,2731 \text{ m}$$

$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 \\ -0,8185387 & -0,5744512 \\ -0,4297358 & -0,9029546 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1



Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$P_3$   
 $\triangle$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej

$$v_{d_{P-P_4}} = -\cos A_{P-P_4}^0 \cdot \Delta X_P - \sin A_{P-P_4}^0 \cdot \Delta Y_P + d_{P-P_4}^0 - d_{P-P_4}^{obs}$$

$$A_{P-P_4}^0 = \arctg \frac{Y_{P_4} - Y_P^0}{X_{P_4} - X_P^0} = 1,737152 \text{ rad} (\sim 110,6^\circ)$$

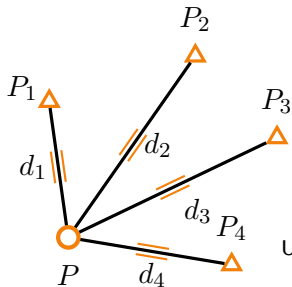
$$d_{P-P_4}^0 = \sqrt{(X_{P_4} - X_P^0)^2 + (Y_{P_4} - Y_P^0)^2} = 182,4994 \text{ m}$$

$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 \\ -0,8185387 & -0,5744512 \\ -0,4297358 & -0,9029546 \\ 0,1655895 & -0,9861947 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \\ 0,18744 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Ułożenie równań poprawek w formie macierzowej

$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 \\ -0,8185387 & -0,5744512 \\ -0,4297358 & -0,9029546 \\ 0,1655895 & -0,9861947 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \\ 0,18744 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

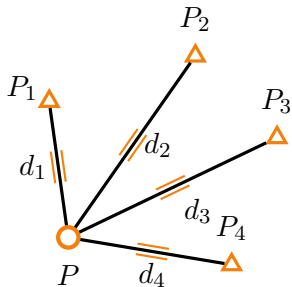
$$P = \begin{bmatrix} m_{d_1}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_{d_2}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{d_3}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_{d_4}^2 \end{bmatrix}^{-1} =$$

$$\begin{bmatrix} 15625 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4444,444 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4444,444 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6944,444 \end{bmatrix}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

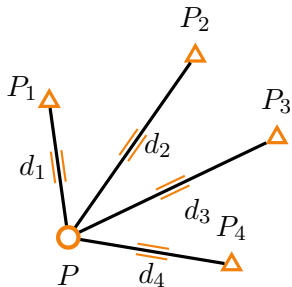
Dalej już klasycznie

$$dX = \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) = \begin{bmatrix} -0,1990 \\ 0,1538 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Dalej już klasycznie

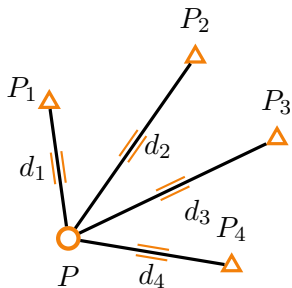
$$dX = \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) = \begin{bmatrix} -0,1990 \\ 0,1538 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X = \begin{bmatrix} X_P \\ Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_P^0 \\ Y_P^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1249,9810 \\ 2410,0138 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Dalej już klasycznie

$$dX = \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) = \begin{bmatrix} -0,1990 \\ 0,1538 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

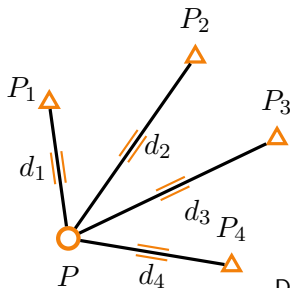
$$X = \begin{bmatrix} X_P \\ Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_P^0 \\ Y_P^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1249,9810 \\ 2410,0138 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$V = \begin{bmatrix} V_{d_1} \\ V_{d_2} \\ V_{d_3} \\ V_{d_4} \end{bmatrix} = A \cdot dX + L = \begin{bmatrix} -0,0015 \\ 0,0152 \\ -0,0153 \\ 0,0028 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151, 581 \\ 244, 275 \\ 255, 235 \\ 182, 312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0, 008 \\ 0, 015 \\ 0, 015 \\ 0, 012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Dalej już klasycznie

$$dX = \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = -(A^T P A)^{-1} (A^T P L) = \begin{bmatrix} -0, 1990 \\ 0, 1538 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X = \begin{bmatrix} X_P \\ Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_P^0 \\ Y_P^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X_P \\ \Delta Y_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1249, 9810 \\ 2410, 0138 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

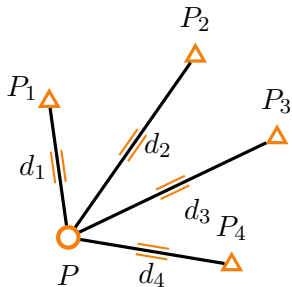
$$V = \begin{bmatrix} V_{d_1} \\ V_{d_2} \\ V_{d_3} \\ V_{d_4} \end{bmatrix} = A \cdot dX + L = \begin{bmatrix} -0, 0015 \\ 0, 0152 \\ -0, 0153 \\ 0, 0028 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

Wszystkie kontrole jak przy sieci niwelacyjnej

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

$\sigma_0 = 1,0382$  [niemianowane!]  
wyrównane obserwacje

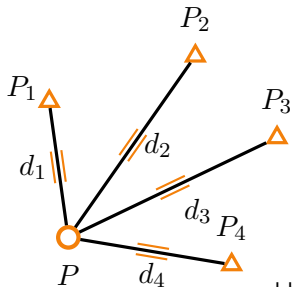
$$y^w = y + V = \begin{bmatrix} 151,5795 \\ 244,2902 \\ 255,2197 \\ 182,3148 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

błędy średnie wyrównanych niewiadomych, obie składowe

$$\text{cov}(dX) = \sigma_0^2 \cdot (A^T P A)^{-1} =$$

$$\begin{bmatrix} m_{X_P^w}^2 & \text{cov}(X_P^w, Y_P^w) \\ \text{cov}(X_P^w, Y_P^w) & m_{Y_P^w}^2 \end{bmatrix}$$

$$m_{X_P^w} = 7,4 \text{ mm}; \quad m_{Y_P^w} = 9,4 \text{ mm}$$

błąd położenia punktu

$$m_{pP} = \sqrt{m_{X_P^w}^2 + m_{Y_P^w}^2} = 12,0 \text{ mm}$$

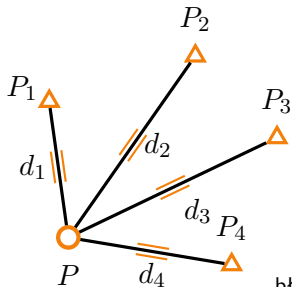
korelacja

$$\rho_{X_P, Y_P} = \frac{\text{cov}(X_P^w, Y_P^w)}{m_{X_P^w} \cdot m_{Y_P^w}} = -0,04$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

błędy średnie pomiarów

$$\text{cov}(y) = \sigma_0^2 \cdot (A \cdot (A^T P A)^{-1} A^T)$$

$$\begin{bmatrix} m_{d1w} \\ m_{d2w} \\ m_{d3w} \\ m_{d4w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 7,6 \\ 8,0 \\ 9,0 \\ 9,4 \end{bmatrix} \text{ [mm]}$$

błędy średnie zadanych funkcji  
macierz Jakobiego

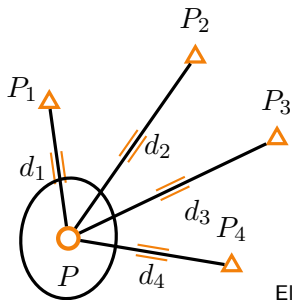
$$D = \begin{bmatrix} 2,352 \cdot 10^{-3} & -3,352 \cdot 10^{-3} \\ 6,665 \cdot 10^{-3} & 4,973 \cdot 10^{-2} \end{bmatrix}$$

Z prawa propagacji kowariancji  $m_{u1} = 3,7 \text{ mm}$ ;  $m_{u2} = 4,7 \text{ mm}$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 1

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 151,581 \\ 244,275 \\ 255,235 \\ 182,312 \end{bmatrix} \text{ [m]}, \quad \begin{bmatrix} m_{d_1} \\ m_{d_2} \\ m_{d_3} \\ m_{d_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,008 \\ 0,015 \\ 0,015 \\ 0,012 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Elipsa błędu średniego

$$Q = (A^T P A)^{-1} = \begin{bmatrix} 5,180 \cdot 10^{-5} & -2,662 \cdot 10^{-6} \\ -2,662 \cdot 10^{-6} & 8,264 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix}$$

$$a = \sigma_0 \cdot \sqrt{2\lambda_1} = 10,5 \text{ mm}$$

$$b = \sigma_0 \cdot \sqrt{2\lambda_2} = 13,3 \text{ mm}$$

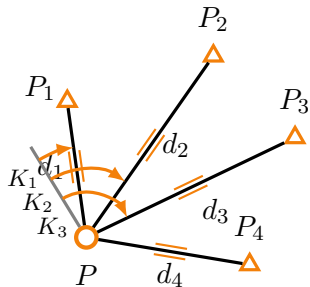
$$\varphi = \frac{1}{2} \arctg \left( \frac{2 \cdot Q_{XY}}{Q_X - Q_Y} \right) = -1.485 \text{ rad} (-94,6^\circ)$$

(skala elipsy inna niż skala sieci)

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20,3450^g \\ 67,7770^g \\ 100,5460^g \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10^{cc} \\ 10^{cc} \\ 10^{cc} \end{bmatrix}$$

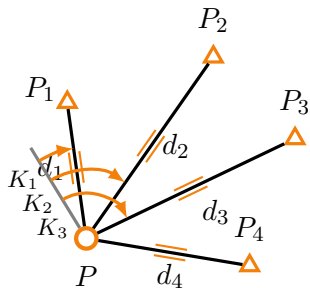
$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

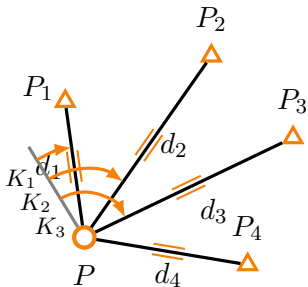
$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Przypomnienie

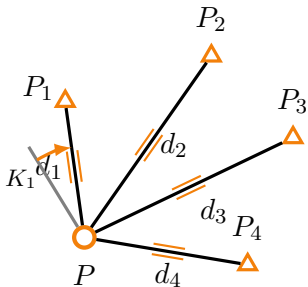
$$\begin{aligned} v_{K_{pk}} = & \frac{\Delta Y_{pk}^0}{(d_{pk}^0)^2} \cdot \Delta X_p - \frac{\Delta X_{pk}^0}{(d_{pk}^0)^2} \cdot \Delta Y_p \\ & - \frac{\Delta Y_{pk}^0}{(d_{pk}^0)^2} \cdot \Delta X_k + \frac{\Delta X_{pk}^0}{(d_{pk}^0)^2} \cdot \Delta Y_k - \Delta C_p + \\ & + A_{pk}^0 - C_p^0 - K_{pk}^{obs} \end{aligned}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,319\,578\,5 \text{ rad} \\ 1,064\,638\,6 \text{ rad} \\ 1,579\,372\,9 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

$$v_{K_{P-P1}} = \frac{\Delta Y_{P-P1}^0}{(d_{P-P1}^0)^2} \cdot \Delta X_P - \frac{\Delta X_{P-P1}^0}{(d_{P-P1}^0)^2} \cdot \Delta Y_P - \Delta C_P + A_{P-P1}^0 - K_{P-P1}^{obs}$$

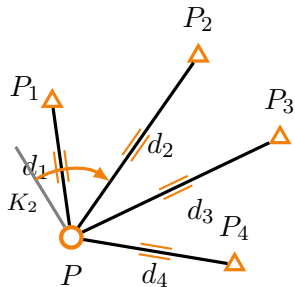
$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 & 0 \\ -0,8185387 & -0,5744512 & 0 \\ -0,4297358 & -0,9029546 & 0 \\ 0,1655895 & -0,9861947 & 0 \\ -0,0008777 & -0,0065481 & -1 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \\ 0,18744 \\ -0,452833 \end{bmatrix} \text{ [m/rad]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,319\,578\,5 \text{ rad} \\ 1,064\,638\,6 \text{ rad} \\ 1,579\,372\,9 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

$$v_{K_{P-P_2}} = \frac{\Delta Y_{P-P_2}^0}{(d_{P-P_2}^0)^2} \cdot \Delta X_P - \frac{\Delta X_{P-P_2}^0}{(d_{P-P_2}^0)^2} \cdot \Delta Y_P - \Delta C_P + A_{P-P_2}^0 - K_{P-P_2}^{obs}$$

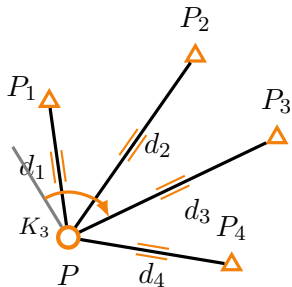
$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 & 0 \\ -0,8185387 & -0,5744512 & 0 \\ -0,4297358 & -0,9029546 & 0 \\ 0,1655895 & -0,9861947 & 0 \\ -0,0008777 & -0,0065481 & -1 \\ 0,0023522 & -0,0033517 & -1 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \\ 0,18744 \\ -0,452833 \\ -0,452705 \end{bmatrix} \text{ [m/rad]}$$



# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:



$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400, 200 & 2389, 750 \\ 1450, 080 & 2550, 150 \\ 1359, 880 & 2640, 360 \\ 1219, 960 & 2589, 840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$

$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

$$v_{K_{P-P_3}} = \frac{\Delta Y_{P-P_3}^0}{(d_{P-P_3}^0)^2} \cdot \Delta X_P - \frac{\Delta X_{P-P_3}^0}{(d_{P-P_3}^0)^2} \cdot \Delta Y_P - \Delta C_P + A_{P-P_3}^0 - K_{P-P_3}^{obs}$$

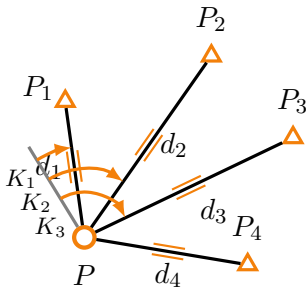
$$A = \begin{bmatrix} -0,9911347 & 0,1328604 & 0 \\ -0,8185387 & -0,5744512 & 0 \\ -0,4297358 & -0,9029546 & 0 \\ 0,1655895 & -0,9861947 & 0 \\ -0,0008777 & -0,0065481 & -1 \\ 0,0023522 & -0,0033517 & -1 \\ 0,0035372 & -0,0016834 & -1 \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} -0,21914 \\ -0,05932 \\ 0,03806 \\ 0,18744 \\ -0,452833 \\ -0,452705 \\ -0,452777 \end{bmatrix} \text{ [m/rad]}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P_1} & Y_{P_1} \\ X_{P_2} & Y_{P_2} \\ X_{P_3} & Y_{P_3} \\ X_{P_4} & Y_{P_4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

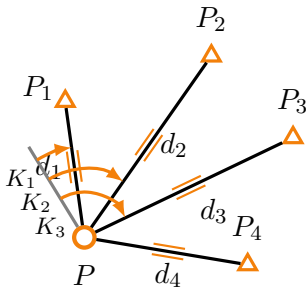
$$P = \begin{bmatrix} m_{d_1}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_{d_2}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_{d_3}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_{d_4}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_{K_1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{K_2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_{K_3}^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

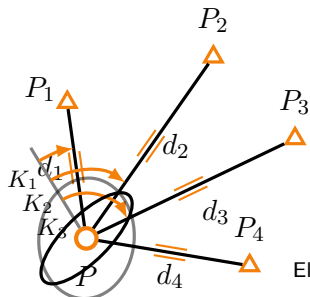
Mając macierze  $A$ ,  $L$  i  $P$ , wszystkie pozostałe obliczenia wykonuje się identycznie.

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 2

Dane:

$$\begin{bmatrix} X_{P1} & Y_{P1} \\ X_{P2} & Y_{P2} \\ X_{P3} & Y_{P3} \\ X_{P4} & Y_{P4} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1400,200 & 2389,750 \\ 1450,080 & 2550,150 \\ 1359,880 & 2640,360 \\ 1219,960 & 2589,840 \end{bmatrix} \text{ [m]}$$



$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ K_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3195785 \text{ rad} \\ 1,0646386 \text{ rad} \\ 1,5793729 \text{ rad} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} m_{K_1} \\ m_{K_2} \\ m_{K_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \\ 1,571 \cdot 10^{-5} \text{ rad} \end{bmatrix}$$

$$X_P^0 = 1250,180 \text{ m}, \quad Y_P^0 = 2409,860 \text{ m}$$

Elipsa błędu średniego

$$Q = \begin{bmatrix} 3,709e-05 & -2,783e-05 & 1,694e-07 \\ -2,783e-05 & 3,710e-05 & -1,897e-07 \\ 1,694e-07 & -1,897e-07 & 1,097e-09 \end{bmatrix}$$

$$a = \sigma_0 \cdot \sqrt{2\lambda_1} = 5,0 \text{ mm}$$

$$b = \sigma_0 \cdot \sqrt{2\lambda_2} = 13,3 \text{ mm}$$

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctg \left( \frac{2 \cdot Q_{XY}}{Q_X - Q_Y} \right) = -0.785 \text{ rad} (-50,0^\circ)$$

(skala elipsy inna niż, skala sieci)

# Krok po kroku rozwiązanie zadania z ćwiczeń

## Wariant 3

