Satelitarne techniki pomiarowe

DOP

GDOP PDOP HDOP VDOP TDOP

materiały do ćwiczeń

aktualizacja: 13 maja 2014

Równanie pseudoodległości

$$p = R + c \cdot \delta t + \ldots$$

Równanie pseudoodległości

$$p = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2} + c \cdot \delta t + \ldots$$

Równanie pseudoodległości

$$p = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2} + c \cdot \delta t + \ldots$$

Linearyzacja,

- współrzędne przybliżone odbiornika,

$$x_o = x_o^p + \Delta x, \quad y_o = y_o^p + \Delta y, \quad z_o = z_o^p + \Delta z,$$
$$R^p = \sqrt{(x_s - x_o^p)^2 + (y_s - y_o^p)^2 + (z_s - z_o^p)^2}$$

- szereg Taylora,

$$\begin{aligned} R(x_o, y_o, z_o) &\simeq R(x_o^p + \Delta x, y_o^p + \Delta y, z_o^p + \Delta z) \\ &\simeq R(x_o^p, y_o^p, z_o^p) \end{aligned}$$
$$+ \frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial x_o^p} \Delta x + \frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial y_o^p} \Delta y + \frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial z_o^p} \Delta z$$

Równanie pseudoodległości

$$p = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2} + c \cdot \delta t + \ldots$$

Linearyzacja,

- współrzędne przybliżone odbiornika,

$$R^p = \sqrt{(x_s - x_o^p)^2 + (y_s - y_o^p)^2 + (z_s - z_o^p)^2}$$

- pochodne cząstkowe,

$$\frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial x_o^p} = -\frac{x_s - x_o^p}{R^p}, \qquad \frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial y_o^p} = -\frac{y_s - y_o^p}{R^p}$$

$$\frac{\partial R(x_o^p, y_o^p, z_o^p)}{\partial z_o^p} = -\frac{z_s - z_o^p}{R^p}$$

Równanie pseudoodległości

$$p = \sqrt{(x_s - x_o)^2 + (y_s - y_o)^2 + (z_s - z_o)^2} + c \cdot \delta t + \ldots$$

Linearyzacja,

- współrzędne przybliżone odbiornika,

$$R^p = \sqrt{(x_s - x_o^p)^2 + (y_s - y_o^p)^2 + (z_s - z_o^p)^2}$$

- równanie obserwacyjne,

$$p = R(x_o^p, y_o^p, z_o^p) - \frac{x_s - x_o^p}{R^p}\Delta x - \frac{y_s - y_o^p}{R^p}\Delta y - \frac{z_s - z_o^p}{R^p}\Delta z + c \cdot \delta t$$

Macierz współczynników przy niewiadomych G,

$$G = \begin{bmatrix} -\frac{x_s - x_o^p}{R^p} & -\frac{y_s - y_o^p}{R^p} & -\frac{z_s - z_o^p}{R^p} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

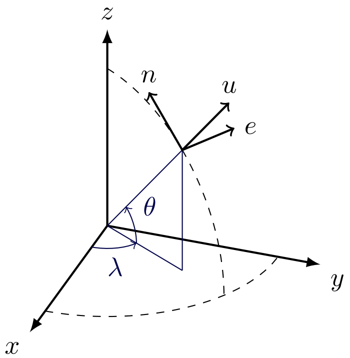
Istotna jest odwrotność macierzy współczynników równań normalnych,

$$A = (G^T G)^{-1}$$

$$A = \begin{bmatrix} A11 & & & \\ & A22 & & \\ & & A33 & \\ & & & A44 \end{bmatrix}$$

Za pomocą elementów na przekątnej można wyrazić błędy,

$$m_{x,y,z,t} = m_0 \cdot \sqrt{A_{11,22,33,44}}$$



$$G_{neu} = \begin{bmatrix} \Delta n_i & \Delta e_i & \Delta u_i & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} \sin z_i \cos A_i & \sin z_i \sin A_i & \cos z_i & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

...i dla takiej macierzy G liczymy,

$$A = (G^T G)^{-1}$$

W układzie horyzontalnym błędy mają swoje nazwy i *interpretacje*,

Geometry	GDOP	$\sqrt{A_{11} + A_{22} + A_{33} + A_{44}}$
Position	PDOP	$\sqrt{A_{11} + A_{22} + A_{33}}$
Horizontal	HDOP	$\sqrt{A_{11} + A_{22}}$
Vertical	VDOP	$\sqrt{A_{33}}$
Time	TDOP	$\sqrt{A_{44}}$

DOP - Dilution Of Precision

Minimalizacja DOP przez maksymalizację objętości bryłu utworzonej przez O i S.
Do obliczeń nie trzeba obserwacji!
DOP nie określa będu tylko jego proporcje.
Po co zatem liczymy te współczynniki?
Jakie to ma znaczenie w planowaniu?
Zwracać uwagę na wskaźniki DOP?

Policzyć, współczynniki DOP: PDOP, GDOP, HDOP, VDOP, TDOP,

- Dla hipotetycznej sytuacji

Policzyć, współczynniki DOP: PDOP, GDOP, HDOP, VDOP, TDOP,

- Dla hipotetycznej sytuacji

1

$z\,[^\circ]$	$A\,[^\circ]$
30	60
45	45
60	90

Policzyć, współczynniki DOP: PDOP, GDOP, HDOP, VDOP, TDOP,

- Dla hipotetycznej sytuacji

1.

$z\,[^\circ]$	$A\,[^\circ]$
30	60
45	45
60	90

2. Kiedy cztery satelity tworzą kwadrat i znajdują się w płaszczyźnie horyzontu.

Policzyć, współczynniki DOP: PDOP, GDOP, HDOP, VDOP, TDOP,

- Dla hipotetycznej sytuacji

1.

$z\,[°]$	$A\,[°]$
30	60
45	45
60	90

2. Kiedy cztery satelity tworzą kwadrat i znajdują się w płaszczyźnie horyzontu.
3. Kiedy cztery satelity tworzą kwadrat i znajdują się w płaszczyźnie horyzontu, a piąty w zenicie.

Policzyć, współczynniki DOP: PDOP, GDOP, HDOP, VDOP, TDOP,

- Dla hipotetycznej sytuacji

1.

$z\,[^\circ]$	$A\,[^\circ]$
30	60
45	45
60	90

2. Kiedy cztery satelity tworzą kwadrat i znajdują się w płaszczyźnie horyzontu.
3. Kiedy cztery satelity tworzą kwadrat i znajdują się w płaszczyźnie horyzontu, a piąty w zenicie.
4. Gdy mamy 4 satelity tak rozmieszczone w jednej płaszczyźnie, w wierzchołkach kwadratu, nachylonego do płaszczyzny horyzontu pod kątem 45°.

Ad. 2

Numer	z [°]	A [°]
1	90	0
2	90	90
3	90	180
4	90	270

$$G = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$G^T G$$

$$\begin{bmatrix} \boxed{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \boxed{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \boxed{0} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \boxed{4} \end{bmatrix} \qquad \det(G^T G) = 0$$

Π

Ad. 3

Numer	z [°]	A [°]
1	90	0
2	90	90
3	90	180
4	90	270
5	0	–

$$G = \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \end{array}$$

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G^T G \qquad A = (G^T G)^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,50 & -0,00 & -0,00 & 0,00 \\ -0,00 & 0,50 & 0,00 & -0,00 \\ -0,00 & 0,00 & 1,25 & -0,25 \\ 0,00 & -0,00 & -0,25 & 0,25 \end{bmatrix}$$

GDOP $= 1,58$
PDOP $= 1,50$
HDOP $= 1,00$
VDOP $= 1,12$
TDOP $= 0,50$

Ad. 2+

Numer	z [°]	A [°]
1	90	α+ 0
2	90	α+ 90
3	90	α+ 180
4	90	α+ 270

$$G = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \end{array} \\ \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+90) & \sin(\alpha+90) & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+180) & \sin(\alpha+180) & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+270) & \sin(\alpha+270) & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

Ad. 2+

Numer	z [°]	A [°]
1	90	α+ 0
2	90	α+ 90
3	90	α+ 180
4	90	α+ 270

$$G = \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \end{array} \\ \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+90) & \sin(\alpha+90) & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+180) & \sin(\alpha+180) & 0 & 1 \\ \cos(\alpha+270) & \sin(\alpha+270) & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

$$\det(G^T G) = 0$$

Ad. 3+

Numer	z [°]	A [°]
1	90	α+ 0
2	90	α+ 90
3	90	α+ 180
4	90	α+ 270
5	0	$-$

$$
\begin{array}{cc}
 & \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \end{array} \\
G = & \begin{bmatrix}
\cos\alpha & \sin\alpha & 0 & 1 \\
\cos(\alpha+90) & \sin(\alpha+90) & 0 & 1 \\
\cos(\alpha+180) & \sin(\alpha+180) & 0 & 1 \\
\cos(\alpha+270) & \sin(\alpha+270) & 0 & 1 \\
0 & 0 & 1 & 1
\end{bmatrix}
\end{array}
$$

Ad. 3+

Numer	z [°]	A [°]
1	90	α+ 0
2	90	α+ 90
3	90	α+ 180
4	90	α+ 270
5	0	$-$

$$G = \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \\ \end{array}$$

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

Ad. 3+

Numer	z [°]	A [°]
1	90	$\alpha+$ 0
2	90	$\alpha+$ 90
3	90	$\alpha+$ 180
4	90	$\alpha+$ 270
5	0	–

$$G = \begin{array}{cccc} \sin z \cos A & \sin z \sin A & \cos z & 1 \\ \end{array}$$

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

$$G^T G = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 5 \end{bmatrix}$$

$$A = (G^T G)^{-1} = \begin{bmatrix} 0,50 & -0,00 & -0,00 & 0,00 \\ -0,00 & 0,50 & 0,00 & -0,00 \\ -0,00 & 0,00 & 1,25 & -0,25 \\ 0,00 & -0,00 & -0,25 & 0,25 \end{bmatrix}$$

GDOP $= 1,58$

PDOP $= 1,50$

HDOP $= 1,00$

VDOP $= 1,12$

TDOP $= 0,50$