Földgörbületet követő kvázi-Descartes koordináta-rendszer

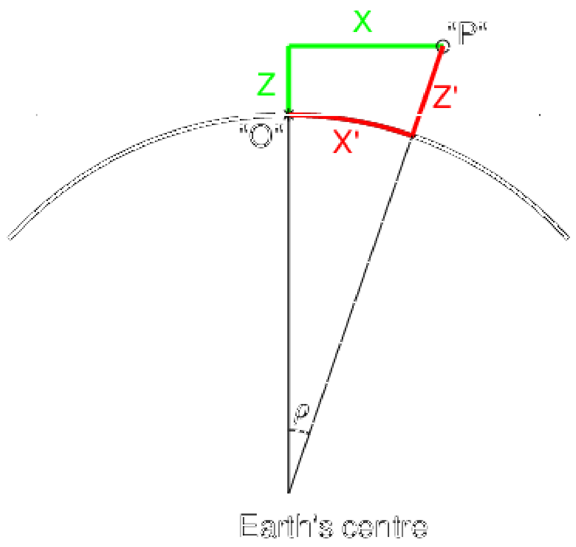
Molnár Gábor

ÓE AMK GEO

Valódi Descartes 3D koordinátarendszer? Földgörbületet követő koordináta rendszer?

2,5D geodézia, vízszintes és magassági hálózat külön

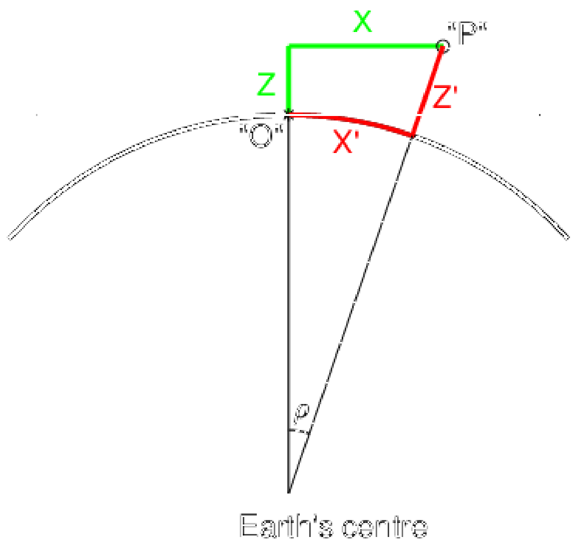
Topocentrikus…



x	0	1000	2000	3000	4000	5000
x’	0	999.9999	1999.9999	2999.9997	3999.9994	4999.9989

X	X’
Valódi Descartes	Földgörbületet követő
Derékszögű	Derékszögű
Koordinátatengelyek egyenesek	Koordinátatengelyek görbék

Topocentrikus… magasság?

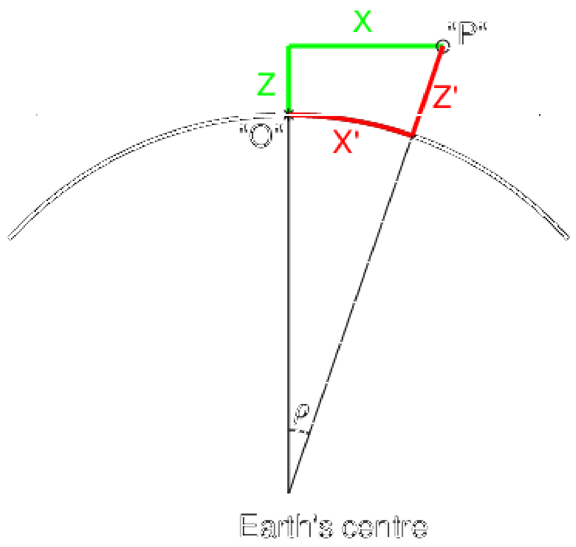


x	0	1000	2000	3000	4000	5000
x’	0	999.9999	1999.9999	2999.9997	3999.9994	4999.9989
z	0	0	0	0	0	0
z’	0	0.078	0.313	0.705	1.254	1.959

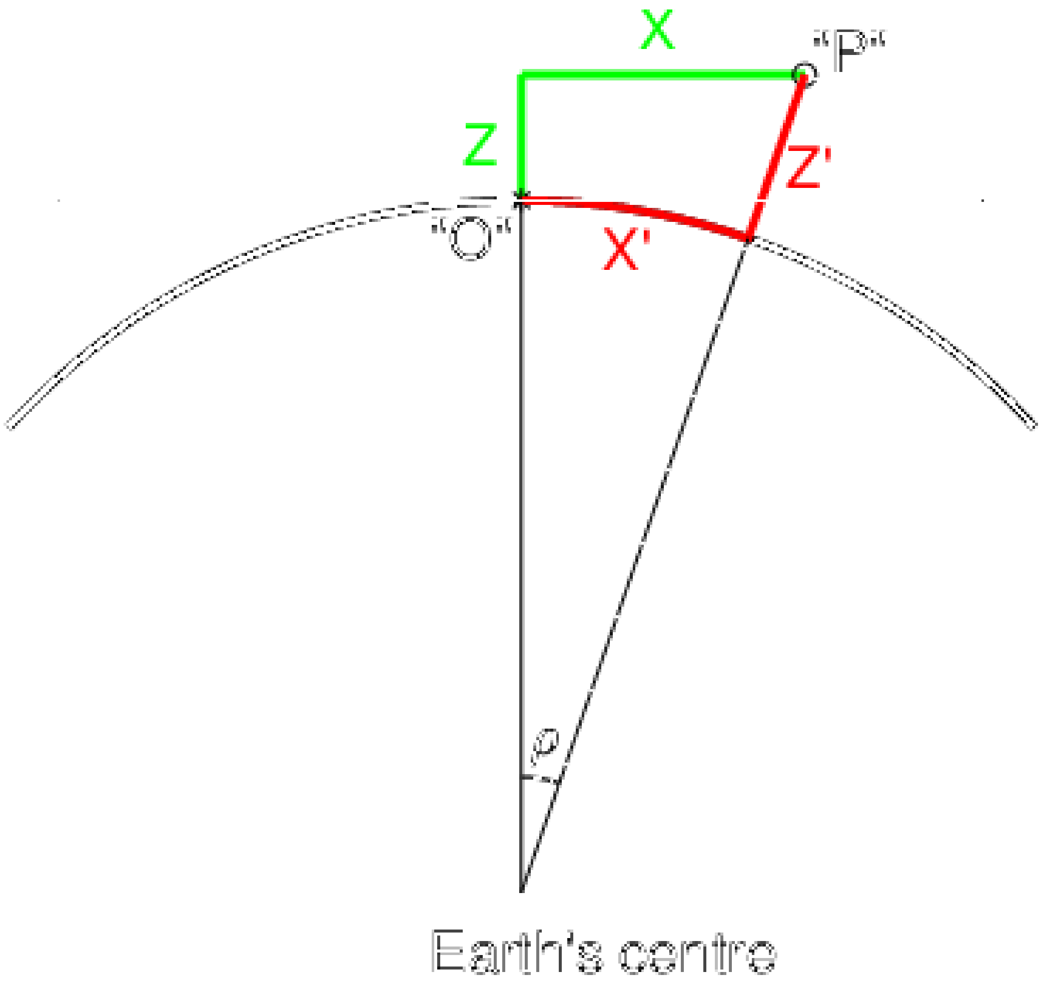
$$Z' = \frac{X^2}{2 \cdot R}$$

$$\Delta m = h_P - l + d \cdot ctgz + \frac{d^2}{2r} \cdot (1-k)$$

Topocentrikus… ha z≠0



Topocentrikus… ha z≠0

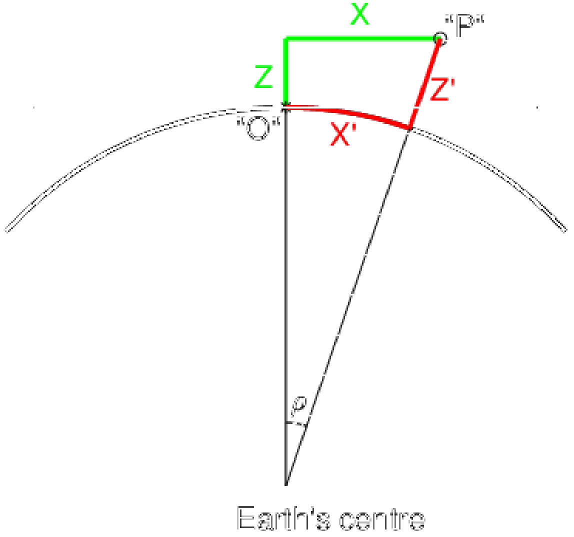


$$\alpha(rad) = \frac{X'}{R} \approx \frac{X}{R}$$

$$X' = X - \alpha \cdot Z'$$

$$X' = X - \frac{X \cdot Z}{R}$$

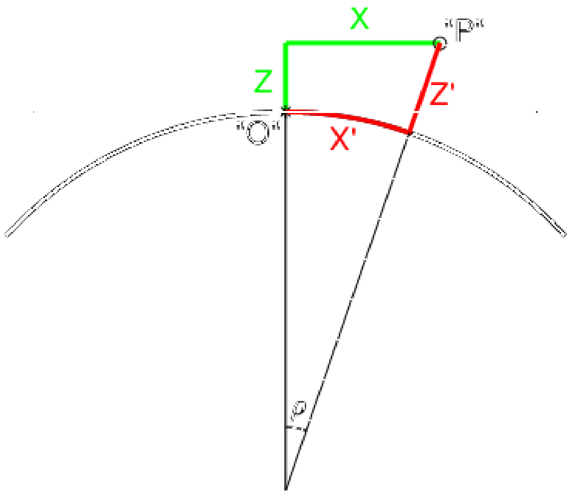
Topocentrikus… ha z = 64m



X	0	1000	2000	3000	4000	5000
X’	0	999.9999	1999.9999	2999.9997	3999.9994	4999.9989
Z	0	0	0	0	0	0
Z’	0	0.078	0.313	0.705	1.254	1.959
Z	64	64	64	64	64	64
X’	0	999.990	1999.980	2999.970	3999.960	4999.950

$$X' = X - \frac{X \cdot Z}{R}$$

Topocentrikus... ha z = 64m



X	0	1000	2000	3000	4000	5000
X’	0	999.9999	1999.9999	2999.9997	3999.9994	4999.9989
Z	0	0	0	0	0	0
Z’	0	0.078	0.313	0.705	1.254	1.959
Z	64	64	64	64	64	64
X’	0	999.990	1999.980	2999.970	3999.960	4999.950
Z’	64	64.078	64.313	64.705	65.254	65.959

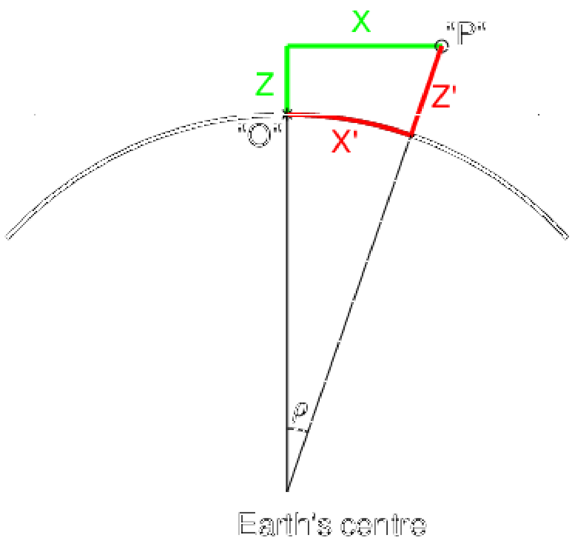
$$X' = X - \frac{X \cdot Z}{R}$$

$$Z' = Z + \frac{X^2}{2 \cdot R}$$

Oda-vissza váltás:

$$X' = X - \frac{X \cdot Z}{R}$$

$$Z' = Z + \frac{X^2}{2 \cdot R}$$

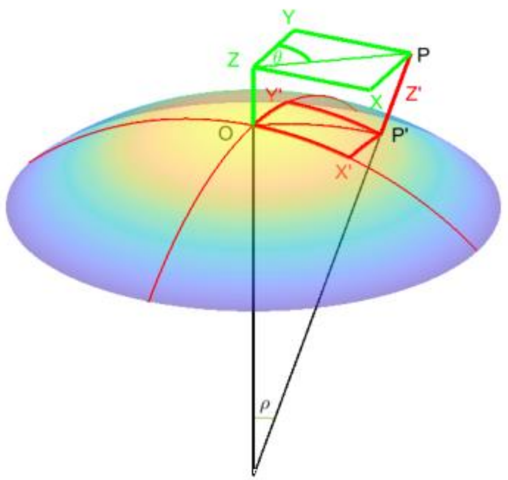


$$X = X' + \frac{X' \cdot Z'}{R}$$

$$Z = Z' - \frac{X'^2}{2 \cdot R}$$

Kiterjesztés 3D-re:

$$X' = X - \frac{X \cdot Z}{R}$$



$$X = X' + \frac{X' \cdot Z'}{R}$$

$$Y' = Y - \frac{Y \cdot Z}{R}$$

$$Y = Y' + \frac{Y' \cdot Z'}{R}$$

$$Z' = Z + \frac{X^2}{2 \cdot R} + \frac{Y^2}{2 \cdot R}$$

$$Z = Z' - \frac{X'^2}{2 \cdot R} - \frac{Y'^2}{2 \cdot R}$$

Szoftverek…

- Nemlineáris transzformáció
- Topocentrikus -> Eltolt geocentrikus
- Síkvetület

Szoftverek…

#1: proj, gdal, (QGIS modulok)

```
gdaltransform -ct ^
"+proj=pipeline +R=6378000 ^
+step +proj=topocentric +X_0=0 +Y_0=0 +Z_0=6378000 +inv ^
+step +proj=cart +inv ^
+step +proj=aeqd +lat_0=90"
```

Szoftverek…

```
gdaltransform -ct ^
"+proj=pipeline +R=6378000 ^
+step +proj=topocentric +X_0=0 +Y_0=0 +Z_0=6378000 +inv ^
+step +proj=cart +inv ^
+step +proj=aeqd +lat_0=90"
```

#1: proj, gdal, (QGIS modulok)

0 0 0	0 0 0
1000 0 0	999.999991805818 -6.12323394556187e-14 0.0783944819122553
2000 0 0	1999.9999344454 -1.22464675900674e-13 0.31357791647315
1000 0 64	999.98995741213 -6.12317250262131e-14 64.0783936949447
0 1000 0	1.22464678911237e-13 999.999991805818 0.0783944819122553
0 1000 64	1.22463450052426e-13 999.98995741213 64.0783936949447
3000 5000 0	2999.99916418547 4999.99860697578 2.66541179828346
3000 5000 64	2999.96906103207 4999.94843505346 66.6653850525618
3000 5000 128	2999.93895848271 4999.89826413786 130.66535830684

Szoftverek… #2: lastools

1: hamis vetület definiálása a „pcs.csv” állományban:

31701,"False Pole",9001,4326,19930,9809,1,1,3983,8801,90,9102,8802,-90,9102,8805,1.0,9201,8806,0,9001,8807,0,9001,,,,,,,,,,,,,

2: új vetület hozzáadása a „my_epsg.csv” állományban:

31701,False Pole

3: a transzformáció végrehajtása:

las2las -itxt point_in.txt -translate_z 6356752.314 -rescale 0.001 0.001 0.001 -reoffset 0 0 6350000 -ecef -o point_out.las -target_epsg 31701 -target_precision 0.001 -target_elevation_precision 0.001

Vége az 1. résznek…

Kezdődik a 2. rész!

Szkennerpozíciók összeillesztése

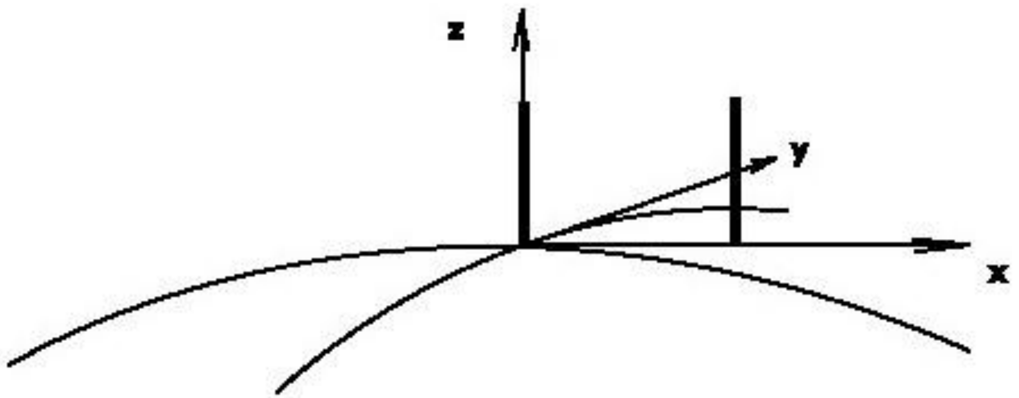
- Azonos pontok, prizmák, fóliák
- Felületek
- „Refine”, ICP, …

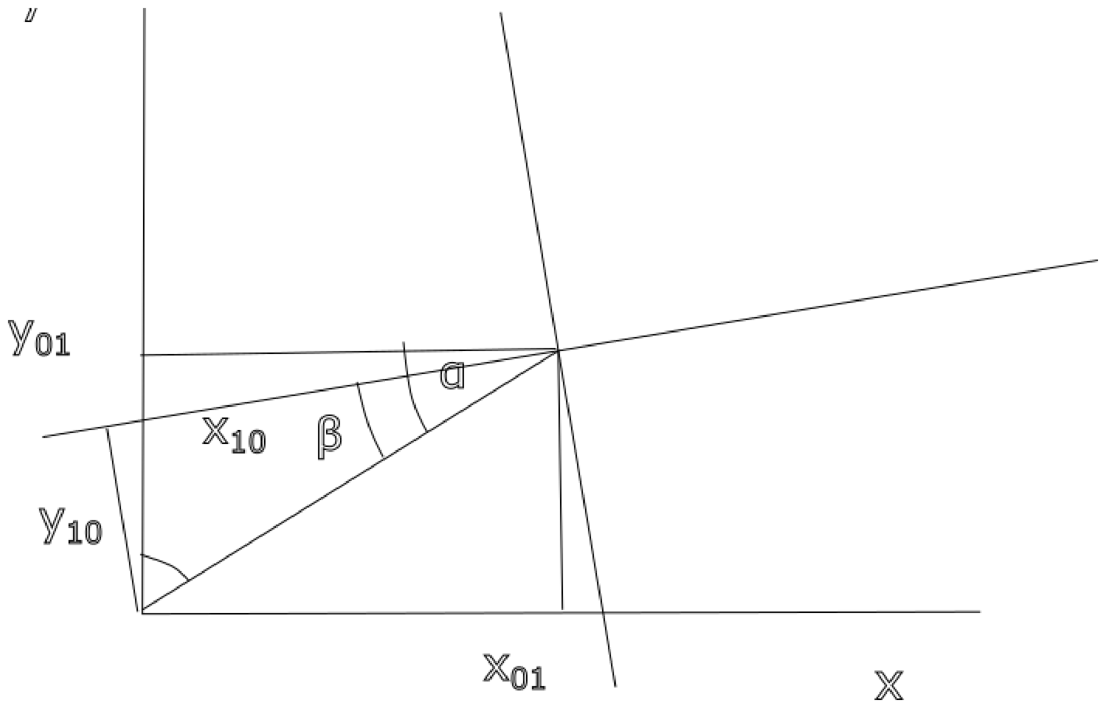
Összeillesztés módja:

- Állótengely párhuzamos (csak Z tengely körüli forgatás)
- Állótengely szabadon dőlhet (XYZ tengelyek körüli forgatás)

Párhuzamos állótengelyek:
csak Z tengely körüli elfordulás…

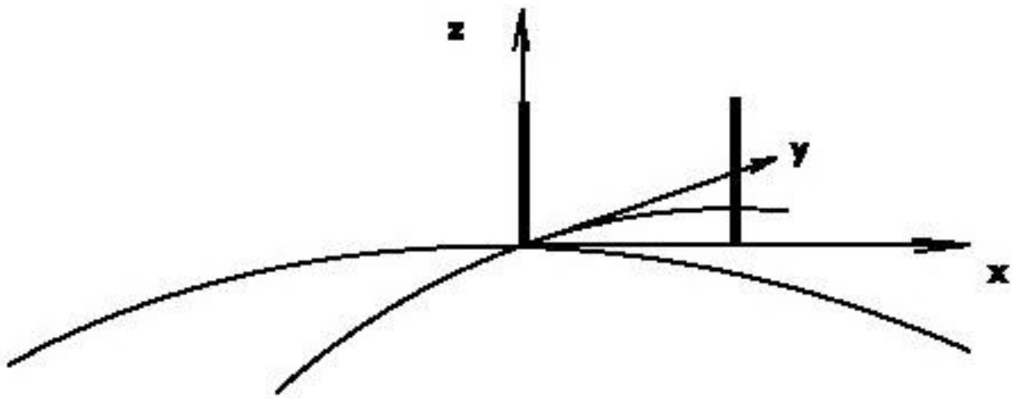
$$\begin{bmatrix} X_{02} \\ Y_{02} \\ Z_{02} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{01} \\ Y_{01} \\ Z_{01} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} cos(\alpha-\beta) & -sin(\alpha-\beta) & 0 \\ sin(\alpha-\beta) & cos(\alpha-\beta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{12} \\ Y_{12} \\ Z_{12} \end{bmatrix}$$

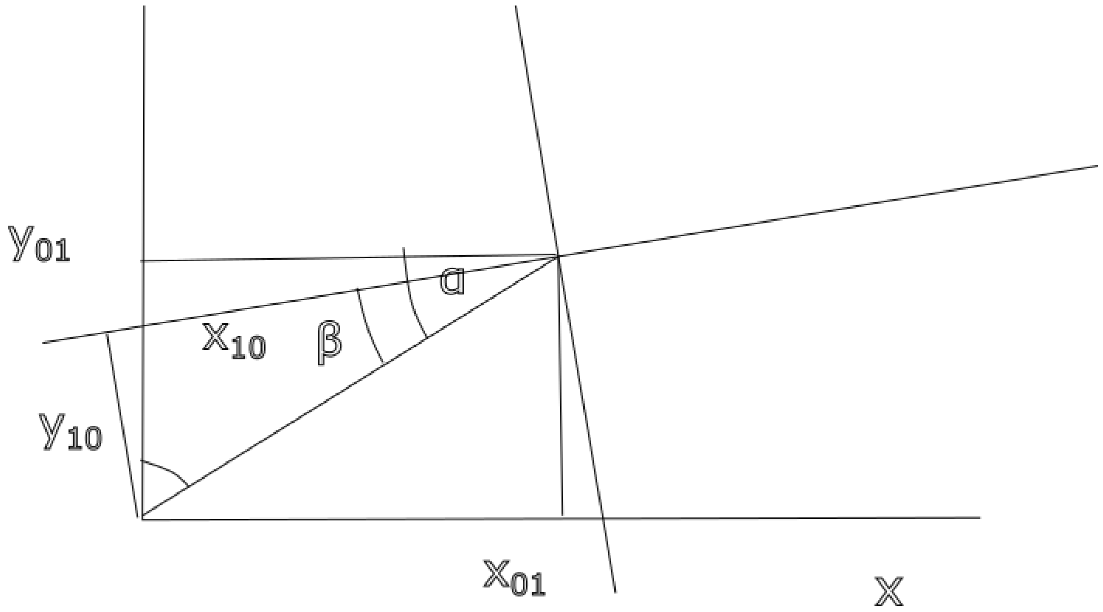




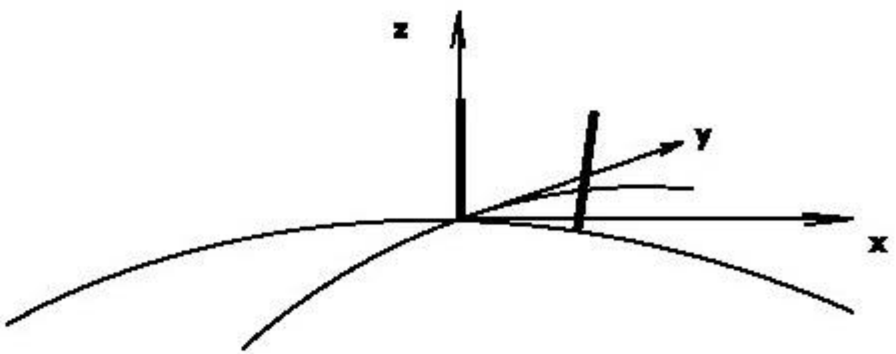
Párhuzamos állótengelyek:
csak Z tengely körüli elfordulás…

$$R_z = \begin{bmatrix} \frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-(-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10})}{d^2} & 0 \\ \frac{-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

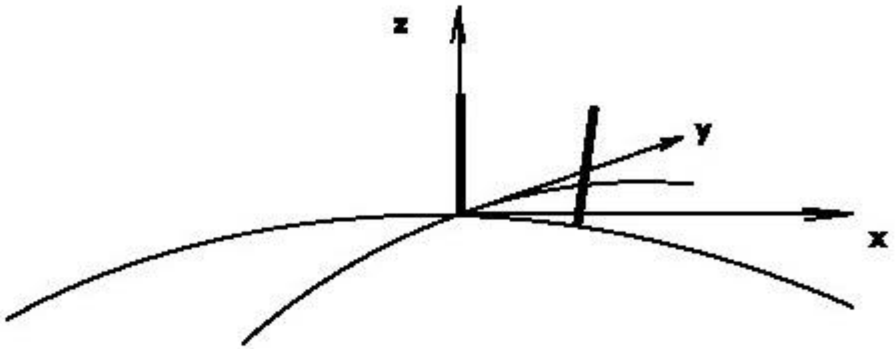


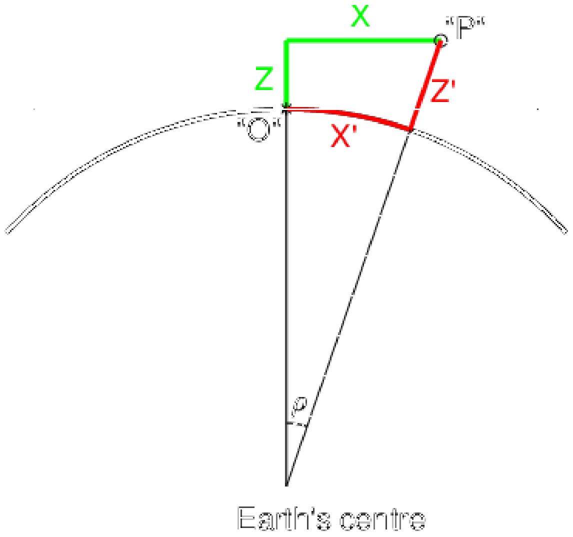


Nem párhuzamosak az állótengelyek…

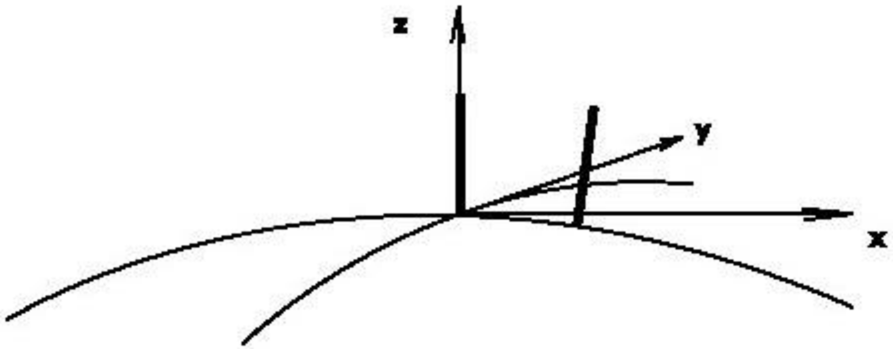


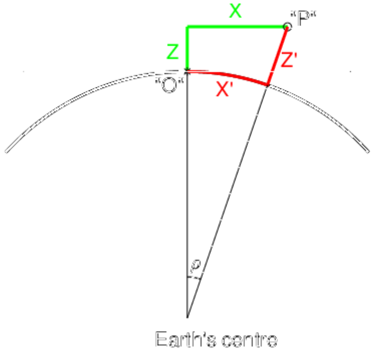
Nem párhuzamosak az állótengelyek…





Nem párhuzamosak az állótengelyek…





$$R_y = \begin{bmatrix} cos(\epsilon_y) & 0 & sin(\epsilon_y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -sin(\epsilon_y) & 0 & cos(\epsilon_y) \end{bmatrix}$$

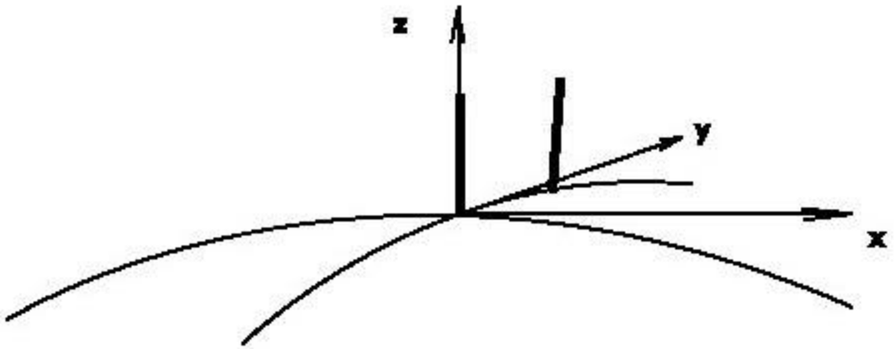
ha $\epsilon_y \ll 1$ akkor $sin(\epsilon_y) \approx \epsilon_y$ és $cos(\epsilon_y) \approx 1$

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

$$R_y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{x_{01}}{R} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{x_{01}}{R} & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\alpha(rad) = \frac{X'}{R} \approx \frac{X}{R}$$

Nem párhuzamosak az állótengelyek…



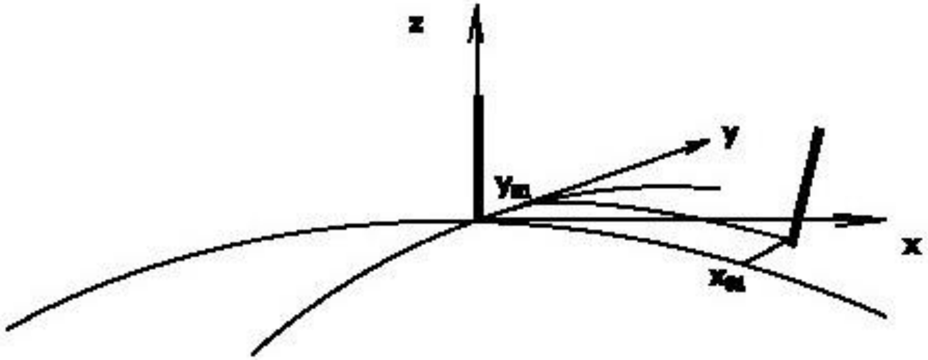
$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & cos(\epsilon_x) & -sin(\epsilon_x) \\ 0 & sin(\epsilon_x) & cos(\epsilon_x) \end{bmatrix}$$

ha $\epsilon_x \ll 1$ akkor $sin(\epsilon_x) \approx \epsilon_x$ és $cos(\epsilon_x) \approx 1$

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \frac{y_{01}}{R} \\ 0 & -\frac{y_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix}$$

Nem párhuzamosak az állótengelyek…

$$R_y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{x_{01}}{R} \\ 0 & 1 & 0 \\ -\frac{x_{01}}{R} & 0 & 1 \end{bmatrix} \qquad R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \frac{y_{01}}{R} \\ 0 & -\frac{y_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix} \qquad R_{xy} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \frac{x_{01}}{R} \\ 0 & 1 & \frac{y_{01}}{R} \\ -\frac{x_{01}}{R} & -\frac{y_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix}$$



$$R_{xyz} = \begin{bmatrix} cos(\alpha-\beta) & -sin(\alpha-\beta) & \frac{x_{01}}{R} \\ -sin(\alpha-\beta) & cos(\alpha-\beta) & \frac{y_{01}}{R} \\ cos(\alpha-\beta)\frac{x_{01}}{R} - sin(\alpha-\beta)\frac{y_{01}}{R} & sin(\alpha-\beta)\frac{x_{01}}{R} - cos(\alpha-\beta)\frac{y_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{xyz} = \begin{bmatrix} \frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-(-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10})}{d^2} & \frac{X_{01}}{R} \\ \frac{-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{Y_{01}}{R} \\ -\frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{X_{01}}{R} - \frac{-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{Y_{01}}{R} & -\frac{-x_{01}\cdot x_{10} - y_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{Y_{01}}{R} + \frac{-y_{01}\cdot x_{10} + x_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{X_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix}$$

Mire jó ez a mátrix?

$$\begin{bmatrix} \frac{-x_{01}\cdot x_{10}-y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-(-y_{01}\cdot x_{10}+x_{01}\cdot y_{10})}{d^2} & \frac{X_{01}}{R} \\ \frac{-y_{01}\cdot x_{10}+x_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{-x_{01}\cdot x_{10}-y_{01}\cdot y_{10}}{d^2} & \frac{Y_{01}}{R} \\ -\frac{-x_{01}\cdot x_{10}-y_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{X_{01}}{R}-\frac{-y_{01}\cdot x_{10}+x_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{Y_{01}}{R} & -\frac{-x_{01}\cdot x_{10}-y_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{Y_{01}}{R}+\frac{-y_{01}\cdot x_{10}+x_{01}\cdot y_{10}}{d^2}\frac{X_{01}}{R} & 1 \end{bmatrix}$$

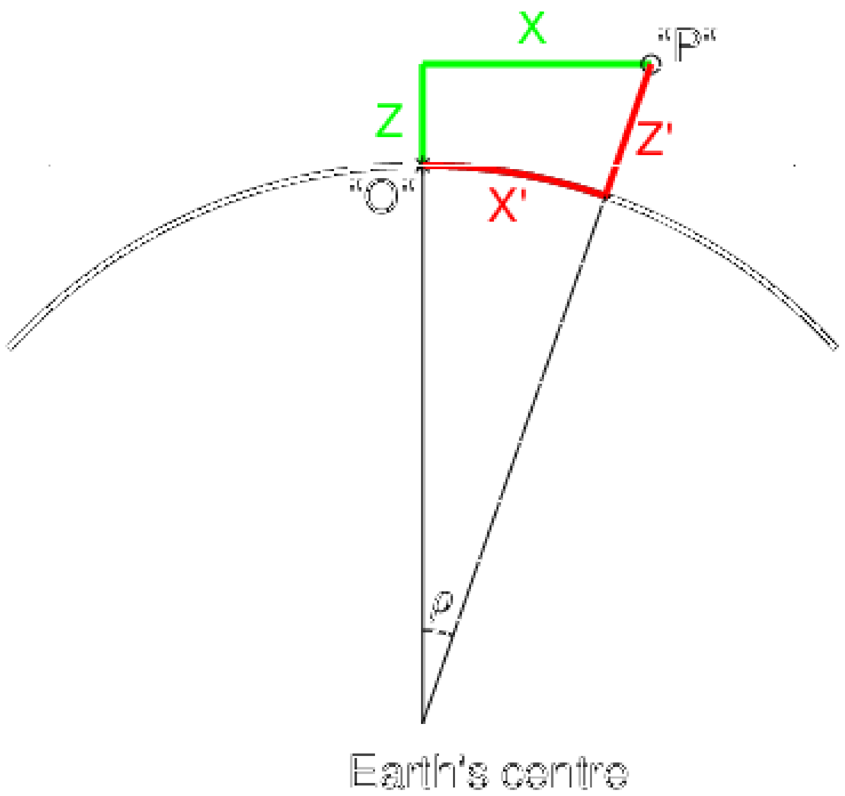
- Előzetes érték…
- Robosztus…
- De: det(R) ≠ 1
- További szkennerpozíciók átszámítása a „0” rendszerbe

Összefoglalás:

	Descartes	Görbevonalú
Globális	Geocentrikus X,Y,Z	Vetületi X^{EOV}, Y^{EOV}
Lokális	Topocentrikus	Lokális Görbevonalú X', Y', Z'

Összefoglalás:

	Descartes	Görbevonalú
Globális	Geocentrikus X,Y,Z	Vetületi X^{EOV}, Y^{EOV}
Lokális	Topocentrikus	Lokális Görbevonalú X', Y', Z'



Köszönöm a figyelmet!

molnar.gabor@amk.uni-obuda.hu