

Geodetski datum (1)

- **Geodetski datum** je niz poljubnih numeričnih ali geometrijskih količin, ki so izhodišče za izračun drugih količin.
- Več definicij:
- **Geodetski datum najmanjše število parametrov, ki definirajo koordinatni sistem, vključno z njegovim izhodiščem, orientacijo in merilom (C. Jekeli).**
- **Geodetski datum določa orientacijo vsakega koordinatnega sistema glede na globalni geocentrični k.s. in s tem tudi glede na telo Zemlje (W. Torge).**

Geodetski datum (2)

- **Geodetski datum** predstavljajo:
 - "dane" količine, potrebne za določitev "novih" količin v izbranem koordinatnem sistemu.
 - Geodetski datum morajo zagotoviti vnaprej dane (zunanje) količine.
 - Opazovanja (notranje količine) ne omogočajo pridobitve koordinat točk v koordinatnem sistemu.
 - Geodetska opazovanja (dolžine, horizontalne smeri, zenitne razdalje,...) so t.i. notranja opazovanja oz. notranje količine, koordinate točk v (predhodno definiranem) koordinatnem sistemu so t.i. zunanja opazovanja oz. zunanje količine.

Geodetski datum (3)

- V geodeziji raje govorimo o referenčnih – koordinatnih ploskvah, ki predstavljajo geodetski datum.
- Datum je referenčna ploskev določene oblike in velikosti.
- V geodeziji je zgodovina pogojevala ločeno obravnavo med horizontalnimi in vertikalnimi datumi.
- Višinski datum predstavlja geoid (ničelna nivojska ploskev), ki ga upodobimo z srednjo morsko gladino.
- Horizontalni datum je referenčna računska ploskev – elipsoid izbrane velikosti in oblike in je izhodišče za izračun koordinat točk na zemeljskem površju.

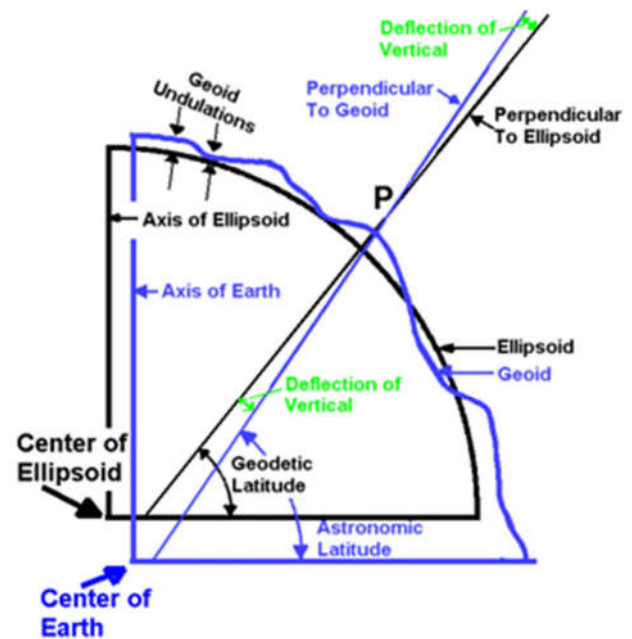
Datumska ploskev

- Položaj in orientacijo datumske ploskve (referenčnega elipsoida) glede na globalni terestrični koordinatni sistem, pritrjenim na telo Zemlje, določajo trije premiki in trije zasuki osi elipsoida glede na ta koordinatni sistem (op. pri transformaciji nastopa še merilo kot neznanka).
- Ločimo:
 - astrogeodetski (relativni) datum;
 - geocentrični (absolutni) datum.

Astrogeodetski datum

□ Astrogeodetski datum:

- Središče referenčnega elipsoida je postavljeno v poljuben položaj glede na težišče Zemlje.
- Datumska ploskev je bila v časih terestrične geodezije orientirana (umeščena) v telo Zemlje tako, da je na določenem delu zemeljskega površja kar najbolj aproksimirala geoid, ne pa tako, da bi središče elipsoida sovpadalo s težiščem Zemlje. Referenčni elipsoid se je glede na Zemljo orientiral s pomočjo astronomskih in geodetskih opazovanj.
- Z astronomsko orientacijo se poskušali doseči vzporednost male polosi elipsoida z rotacijsko osjo Zemlje.

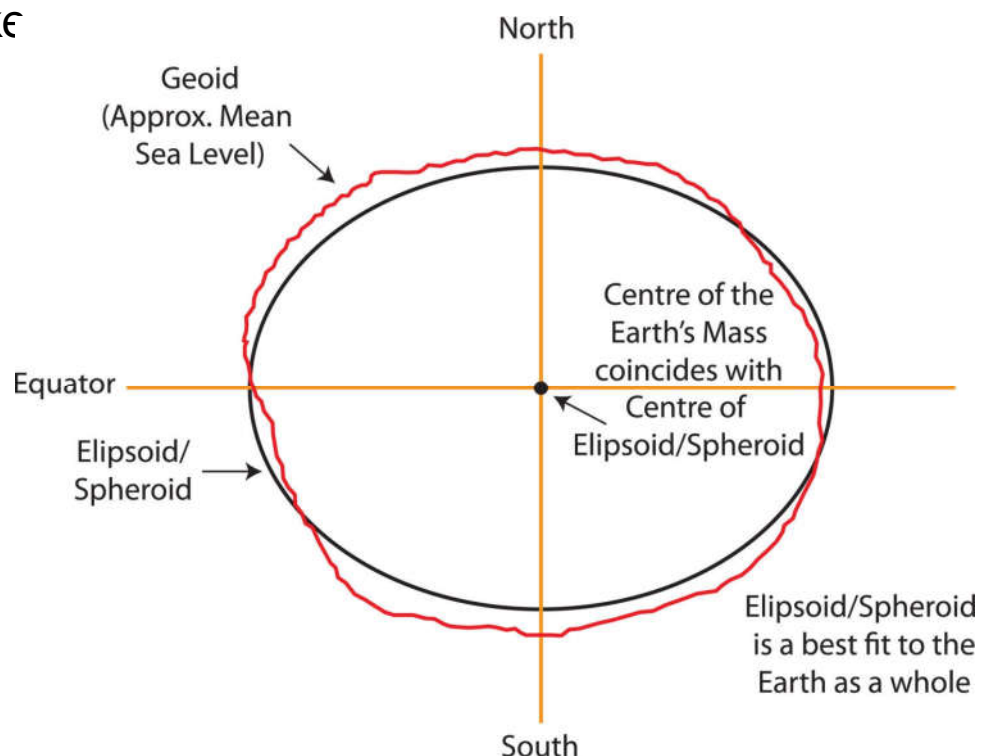


Orientation of Ellipsoid Center With Respect to Earth's Center

Figure 16

Geocentrični (absolutni) datum

- Središče referenčnega elipsoida je postavljeno v težišče Zemlje.
- Določitev geocentričnih datumov je bila možna šele z razvojem satelitske tehnike



Pretvorba in transformacija koordinat

- ❑ Mednarodni standard ISO19111* točno loči med pretvorbo koordinat ("coordinate conversion") in transformacijo koordinat ("coordinate transformation").
- ❑ **Pretvorba** je preračun koordinat iz enega koordinatnega sistema v drugi, v istem datumu.
- ❑ **Transformacija** pomeni preračun koordinat med dvema koordinatnima sistemoma, ki se nanašata na dva različna datuma.
- ❑ Transformacija koordinat je lahko linearna ali pa nelinearna, sama transformacija pa je lahko nastopi v 2D prostoru oz. 3D prostoru, lahko pa nastopi transformacija iz 3D prostora v 2D prostor.

*ISO9111: Geographic information – Spatial referencing by coordinates

Pretvorba in transformacija koord. - splošno

- ❑ V splošnem predstavlja pretvorba iz enega v drugi koordinatni sistem linearno transformacijo vektorja x v vektor y v obliki:

$$y = Mx + t$$

- ❑ Vsak element vektorja y je linearna kombinacija elementov vektorja x , elementi vektorja t pa predstavljajo vzporedni premik **translacijo** ("shift") koordinatnih osi. Matrika M se imenuje **transformacijska** matrika, ki je v splošnem pravokotna (število vrstic ni enako številu stolpcev). Vektor t se v splošnem imenuje vektor translacije.
- ❑ Transformacija med kartezičnimi koordinatnimi sistemi se v splošnem lahko zelo poenostavi z uporabo **rotacijskih** in **refleksijskih** (zrcalnih) matrik.

Rotacijske matrike (1)

- Poščimo koordinate vektorja OP po zasuku (rotaciji) koordinatnega sistema x',y' za kot θ (dejansko gre za zasuk koordinatnih osi) v novem koordinatnem sistemu xy .

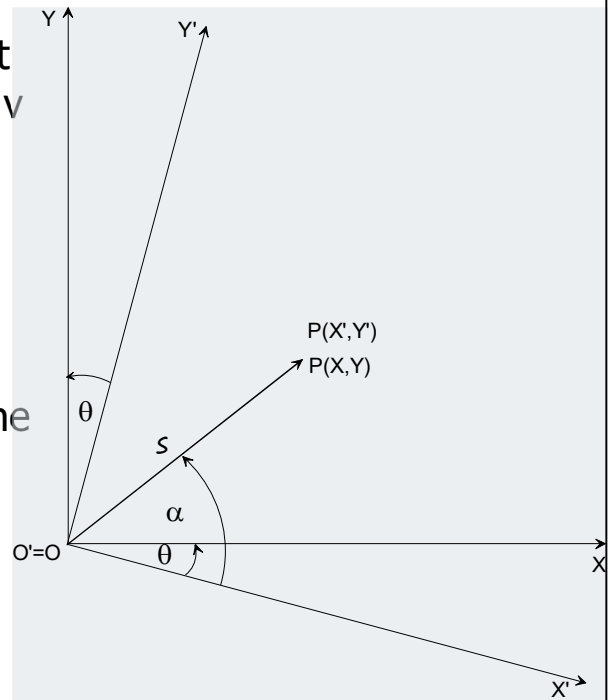
- Koordinate točke P lahko izrazimo v polarnih koordinatah (radij vektor s in kot α).

- V izhodiščnem koord. sistemu so pravokotne koordinate točke P:

$$\begin{aligned}x' &= s \cos \alpha \\y' &= s \sin \alpha\end{aligned}\quad (1)$$

- V zarotiranem koordinatnem sistemu se koordinate x',y' točke P glasijo:

$$\begin{aligned}x &= s \cos (\alpha-\theta) \\y &= s \sin (\alpha-\theta)\end{aligned}\quad (2)$$



Rotacijske matrike (2)

- Zgornji izraz razvijemo v skladu s adicijskim stavkom trigonometrije in dobimo:

$$\begin{aligned}x &= s \cos \alpha \cos \theta + s \sin \alpha \sin \theta \\y &= s \sin \alpha \cos \theta - s \cos \alpha \sin \theta\end{aligned}\quad (3)$$

- Če v enačbe (3) vstavimo izraz (1) dobimo:

$$\begin{aligned}x &= x' \cos \theta + y' \sin \theta \\y &= -x' \sin \theta + y' \cos \theta\end{aligned}$$

- V matrični obliki:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix}$$

- Matrika R predstavlja t.i. **rotacijsko** matriko:

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

Lastnosti rotacijskih matrik (1)

- Rotacijske matrike so ortogonalne:

$$RR^T = R^T R = I$$

$$R^T = R^{-1}$$

- Iz tega sledijo lastnosti ortogonalne matrike:

- skalarni produkt poljubnih dveh različnih stolpcev matrike enak nič;
- skalarni produkt vsakega od stolpcev samega s seboj je ena, enako velja tudi za vrstice (vsota kvadratov elementov v vrstici je ena);
- determinanta ortogonalne matrike je: $\det R = \pm 1$
- produkti ortogonalnih matrik so spet ortogonalni.

- Argument rotacijske matrike iz našega primera je kot zasuka θ . Zaradi ortogonalnosti velja:

$$R^{-1}(\theta) = R(-\theta)$$

Lastnosti rotacijskih matrik (2)

- Zgled:

- Matrika **A** ni ortogonalna, saj ne zadošča pogojem ortogonalnosti:

$$A = \begin{bmatrix} 0,36 & 0,69 \\ 0,19 & 0,27 \end{bmatrix}$$

$$0,36^2 + 0,19^2 = 0,1657$$

- Matrika **B** je ortogonalna:

$$B = \begin{bmatrix} 0,6234 & -0,7819 \\ 0,7819 & 0,6234 \end{bmatrix}$$

$$(0,6234)^2 + (0,7819)^2 = 0,9999952$$

$$0,6234 * (-0,7819) + 0,7819 * 0,6234 = 0$$

Rotacija v 3D prostoru (1)

- Brez zadržkov lahko razširimo zadevo na 3D prostor in napišemo enačbe za rotacijo okoli treh osi tridimenzionalnega kartezičnega k.s.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix}$$

- Enačba zgoraj se lahko predstavi kot rotacija ravnine (x,y) okoli osi pravokotne na to ravnino.
- Koordinate točk vzdolž osi rotacije (z) ostanejo nespremenjene, torej velja:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

- Matrika 3×3 je rotacijska matrika R_3 , ki opisuje rotacijo koordinatnega sistema okoli Z-osi za kot θ :

$$R_3(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Rotacija v 3D prostoru (2)

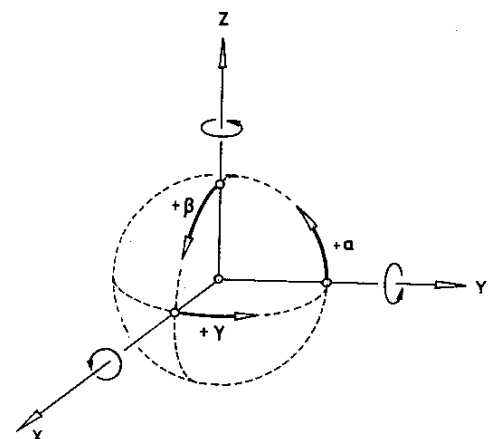
- Podobno lahko predstavimo rotacijo koordinatnega sistema okoli X-osi za kot θ z matriko $R_1(\theta)$:

$$R_1(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

- Na koncu napišimo še rotacijo koordinatnega sistema okoli Y-osi za kot θ z matriko $R_2(\theta)$:

$$R_2(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & -\sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix}$$

- Kot zasuka θ je skladno z dogovorom pozitiven v protiurni smeri, gledano od pozitivnega kraka koordinatne osi proti koordinatnemu izhodišču desnega koordinatnega sistema.



Skupna rotacijska matrika (1)

- Dva koordinatna sistema s skupnim izhodiščem dovedemo do preklopa s tremi rotacijami okoli posameznih koordinatnih osi.
- Rezultat transformacije je odvisen od vrstnega reda rotacij, saj produkt matrik ni komutativen. V primeru:

$$\mathbf{R}_S = \mathbf{R}_3(\gamma) \mathbf{R}_2(\beta) \mathbf{R}_1(\alpha)$$

množimo z desne strani, prvo rotiramo okoli prve osi, potem okoli druge osi in na koncu okoli tretje osi.

- Skupna rotacijska ($\mathbf{R}_S$) matrika nastane kot produkt treh posameznih rotacijskih matrik.
- Skupna rotacijska matrika $\mathbf{R}_S$ je spet ortogonalna, saj je nastala kot produkt treh ortogonalnih matrik:

$$[\mathbf{R}_3(\gamma) \mathbf{R}_2(\beta) \mathbf{R}_1(\alpha)]^{-1} = [\mathbf{R}_3(\gamma) \mathbf{R}_2(\beta) \mathbf{R}_1(\alpha)]^T = [\mathbf{R}_1(-\alpha) \mathbf{R}_2(-\beta) \mathbf{R}_3(-\gamma)]$$

Skupna rotacijska matrika (2)

- Skupna rotacijska matrika:

$$\mathbf{R}_s = \mathbf{R}(\alpha, \beta, \gamma) = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma & \cos \alpha \sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma & \sin \alpha \sin \gamma - \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma \\ -\cos \beta \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma - \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & \sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma \\ \sin \beta & -\sin \alpha \cos \beta & \cos \alpha \cos \beta \end{bmatrix}$$

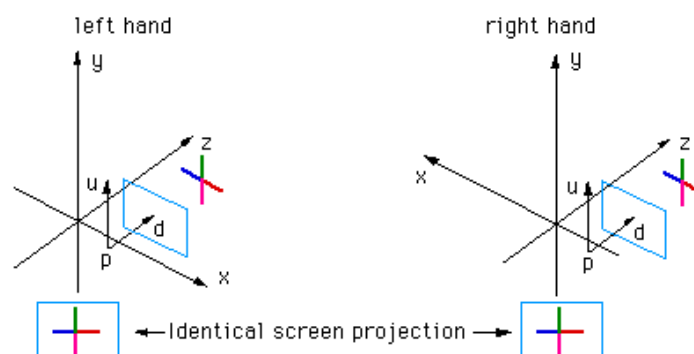
- V primeru majhnih kotov (do 10") lahko vpeljemo aproksimacije $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \alpha$..., tako da skupna rotacijska matrika ima obliko:

$$\mathbf{R}_s = \mathbf{R}_3(\gamma) \mathbf{R}_2(\beta) \mathbf{R}_1(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & \gamma & -\beta \\ -\gamma & 1 & \alpha \\ \beta & -\alpha & 1 \end{bmatrix}$$

- Vrstni red rotacij v tem primeru ni pomemben.

Refleksijske (zrcalne) matrike

- Prehod iz desnega v levi koordinatni sistem je možen s pomočjo refleksije (zrcaljenja) posameznih koordinatnih osi. Množenje z refleksijsko matriko spremeni predznak posamezne koordinatne osi.



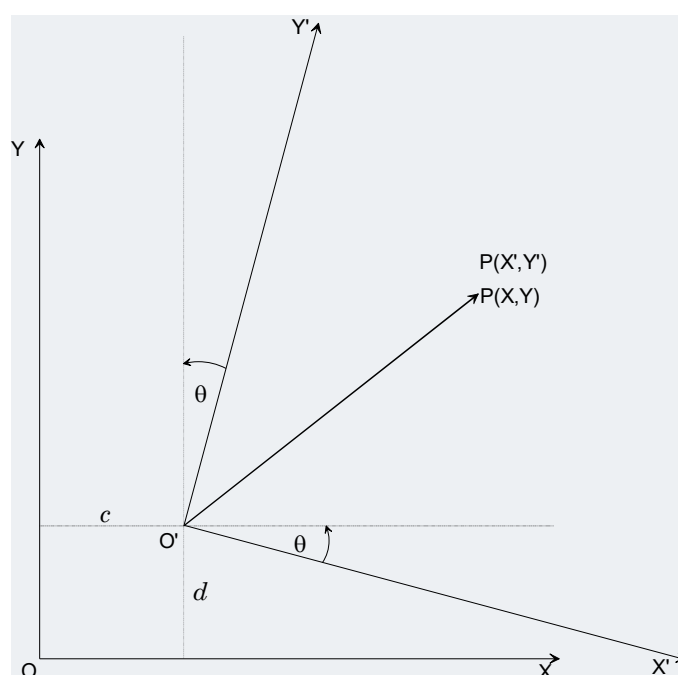
- Refleksijske matrike za posamezne koord. osi se glasijo:

$$P_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$P_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Podobnostna transformacija v 2D prostoru (1)



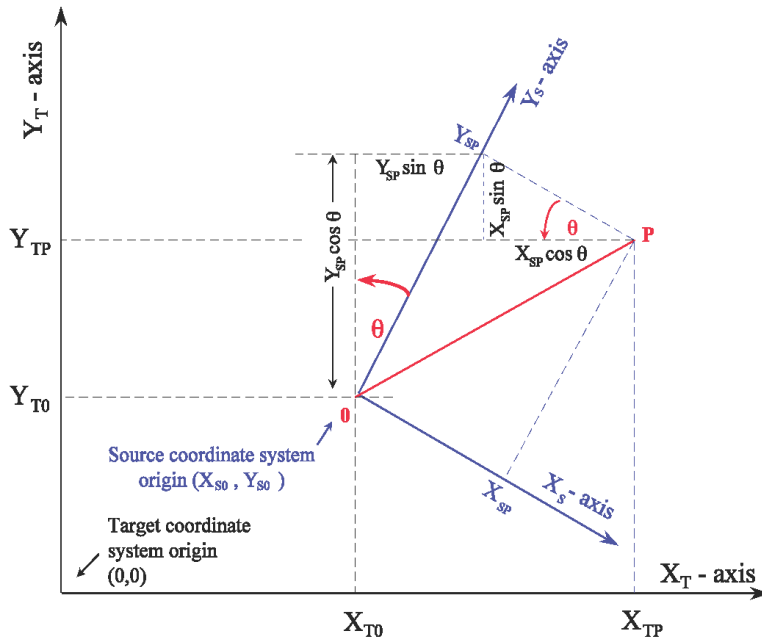
Podobnostna transformacija v 2D prostoru (2)

- Splošna **afina transformacija** ohranja kolinearnost (vse točke na liniji so po transformaciji zopet na isti liniji): vzporedne linije po transformaciji ostanejo vzporedne.
- Podobnostna transformacija v ravnini je **izogonalna** afina transformacija. Izogonalna - ohranja velikost kotov (podobnostna, "similarity"). Koord. osi ostajata pravokotni → pogoj ortogonalnosti, merilo ostaja enako v vseh smereh → pogoj enotnega merila.
- Transformacija je določena s 4 parametri:
 - dve translaciji koordinatnega izhodišča,
 - kot zasuka koord. osi (obe enako),
 - sprememba merila.

Podobnostna transformacija v 2D prostoru (3)

- Uporaba:
 - transformacija iz lokalnega k.s. v nadrejeni (državni) k.s.;
 - transformacija iz k. s. karte v državni k. s.;
 - določitev koordinat **prostega stojišča** ("free station").
- Da bi izračunali transformacijske parametre, moramo razpolagati z vsaj dvema točkama z znanimi koordinatami v obeh k.s.

Podobnostna transformacija v 2D prostoru (4)



$$X_T = X_{T0} + X_S * m \cos \theta + Y_S * m \sin \theta$$

$$Y_T = Y_{T0} - X_S * m \sin \theta + Y_S * m \cos \theta$$

$$a = m \cos \theta$$

$$b = m \sin \theta$$

$$X_{T0} = c$$

$$Y_{T0} = d$$

$$X_T = aX_S + bY_S + c$$

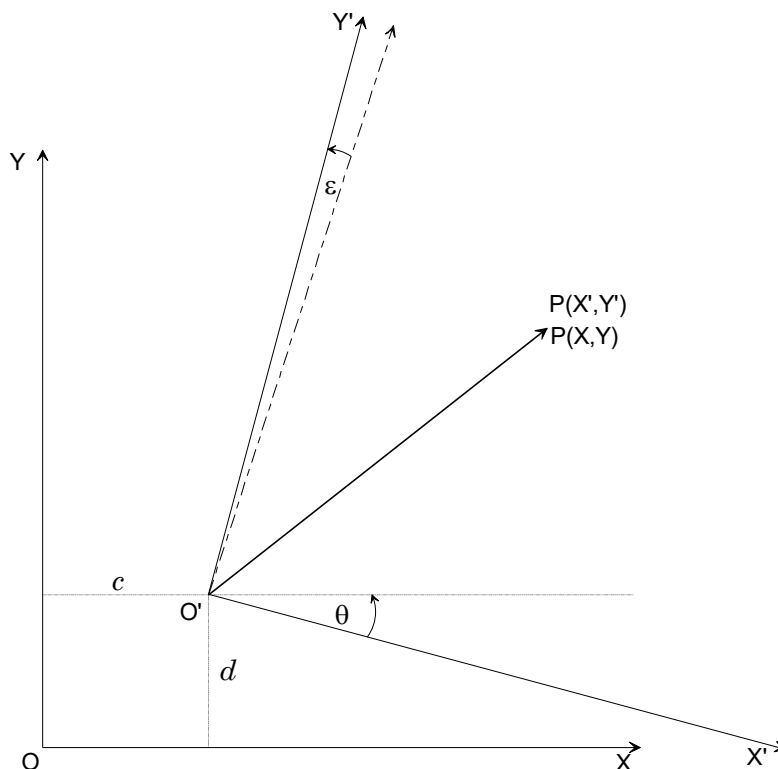
$$Y_T = -bX_S + aY_S + d$$

$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ -b & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix}$$

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\frac{b}{a} = \tan \theta$$

2D afina transformacija

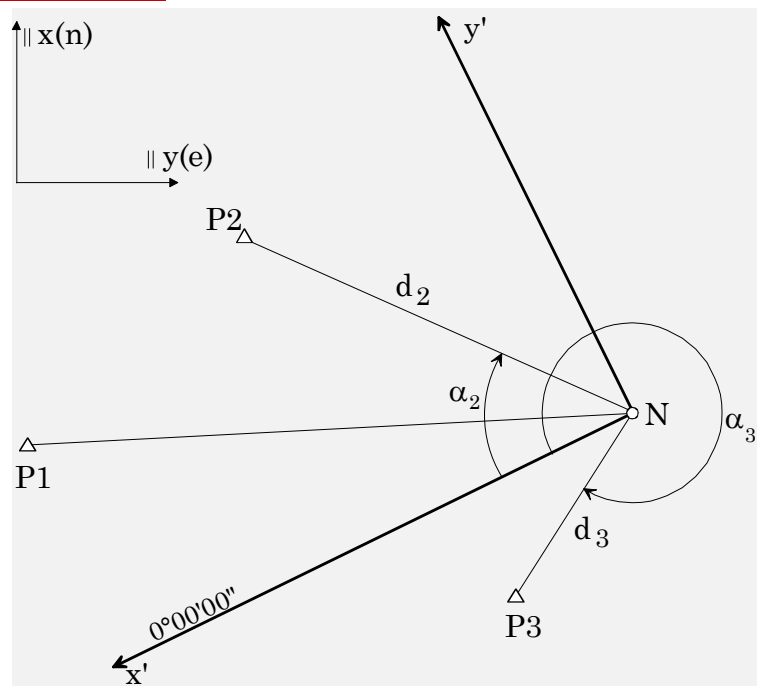


Podobnostna transformacija v 2D z večjim številom skupnih točk – Helmertova transformacija

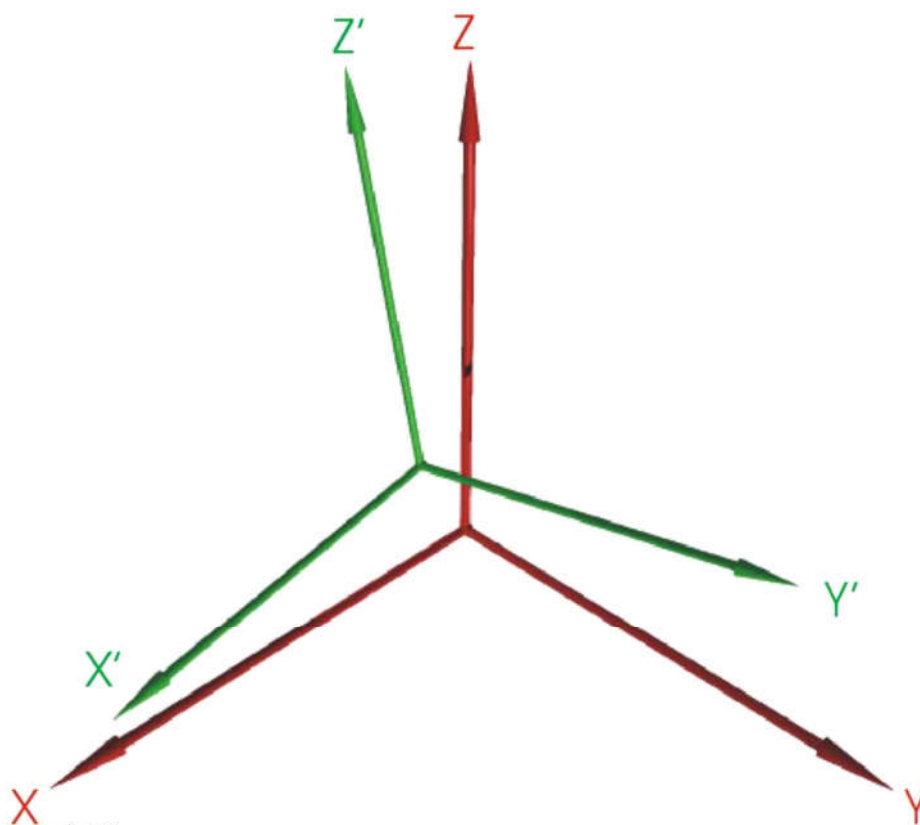
- V primeru, da imamo večje število skupnih točk, imamo predoločeno rešitev. Sistem linearnih enačb $B\Delta = f$ je v tem primeru protisloven.
- Za vsako izbiro transformacijskih parametrov (a, b, c, d) lahko nastopi primer:
$$B\Delta \neq f \quad B(i, j) \quad (i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n) \quad m \geq n$$
- V tem primeru transformacijske parametre določamo v postopku izravnave po MNK. Govorimo o izravnavi transformacije
- Koordinate točk v končnem k.s. obravnavamo kot opazovanja:
$$v + B\Delta = f \quad (v + f = B\Delta)$$
- Določitev transformacijskih parametrov z izravnavo transformacije omogoča kontrolo in oceno pogreškov. Popravki (odstopanja) na skupnih točkah bi naj bili znotraj naprej sprejetih mej. Če so ta večja od sprejetih (dopustnih) mej na posameznih točkah, jih lahko odstranimo iz seznama skupnih točk in jih obravnavamo kot nove točke.

Helmertova transformacija – primer določitve koordinat prostega stojišča

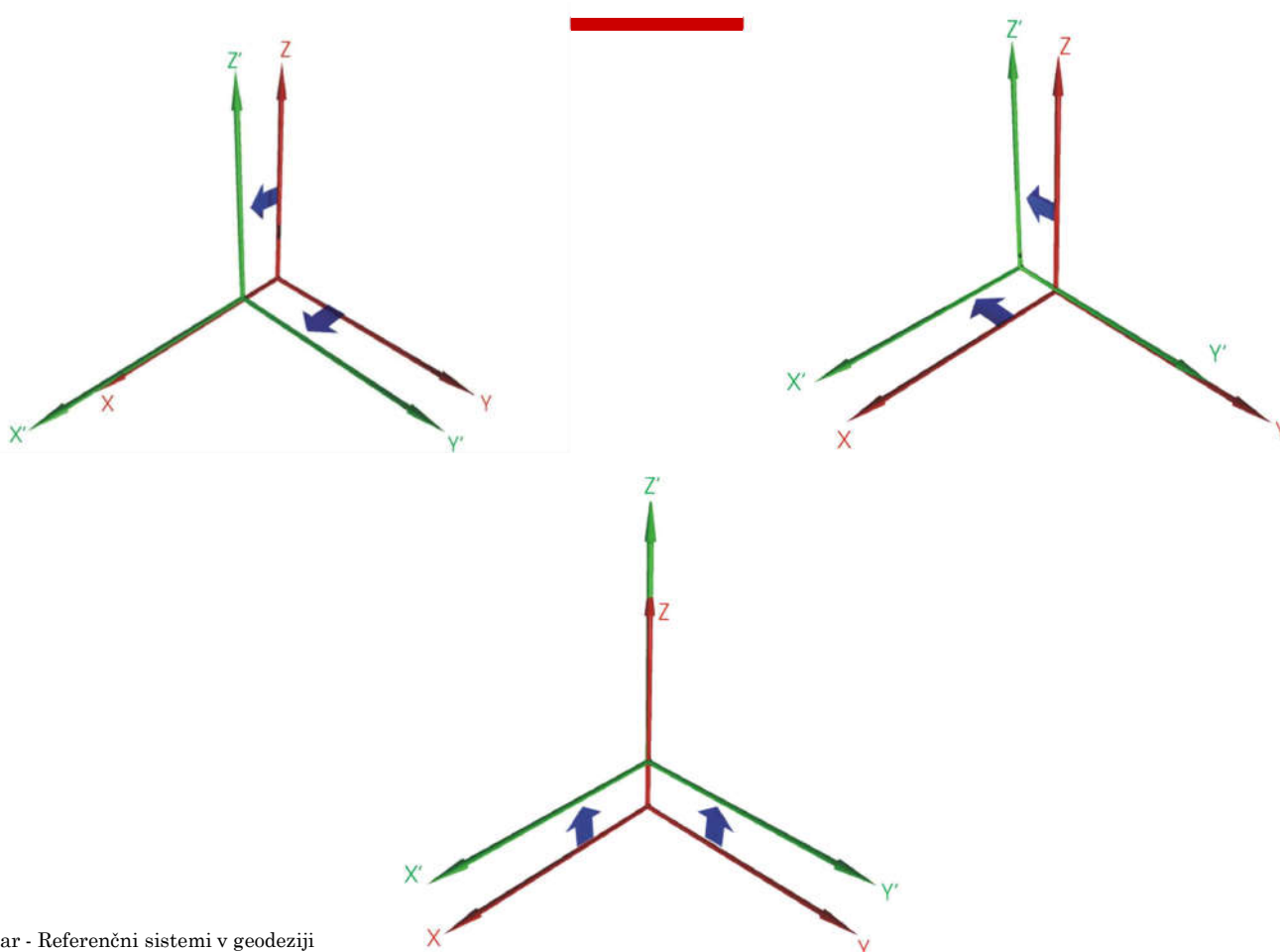
- Lokalni (pomožni k.s.) :
 - $X'(n)$ -os nula horizontalnega kroga,
 - $Y'(e)$ -os pravokotna na njo.
- Pravokotne koordinate točk v lokalnem koord. sistemu:
- $y' = d_i \sin \alpha_i$,
 $x' = d_i \cos \alpha_i$;
- α_i - smer na i-to točko;
- d_i - razdalja do i-te točke



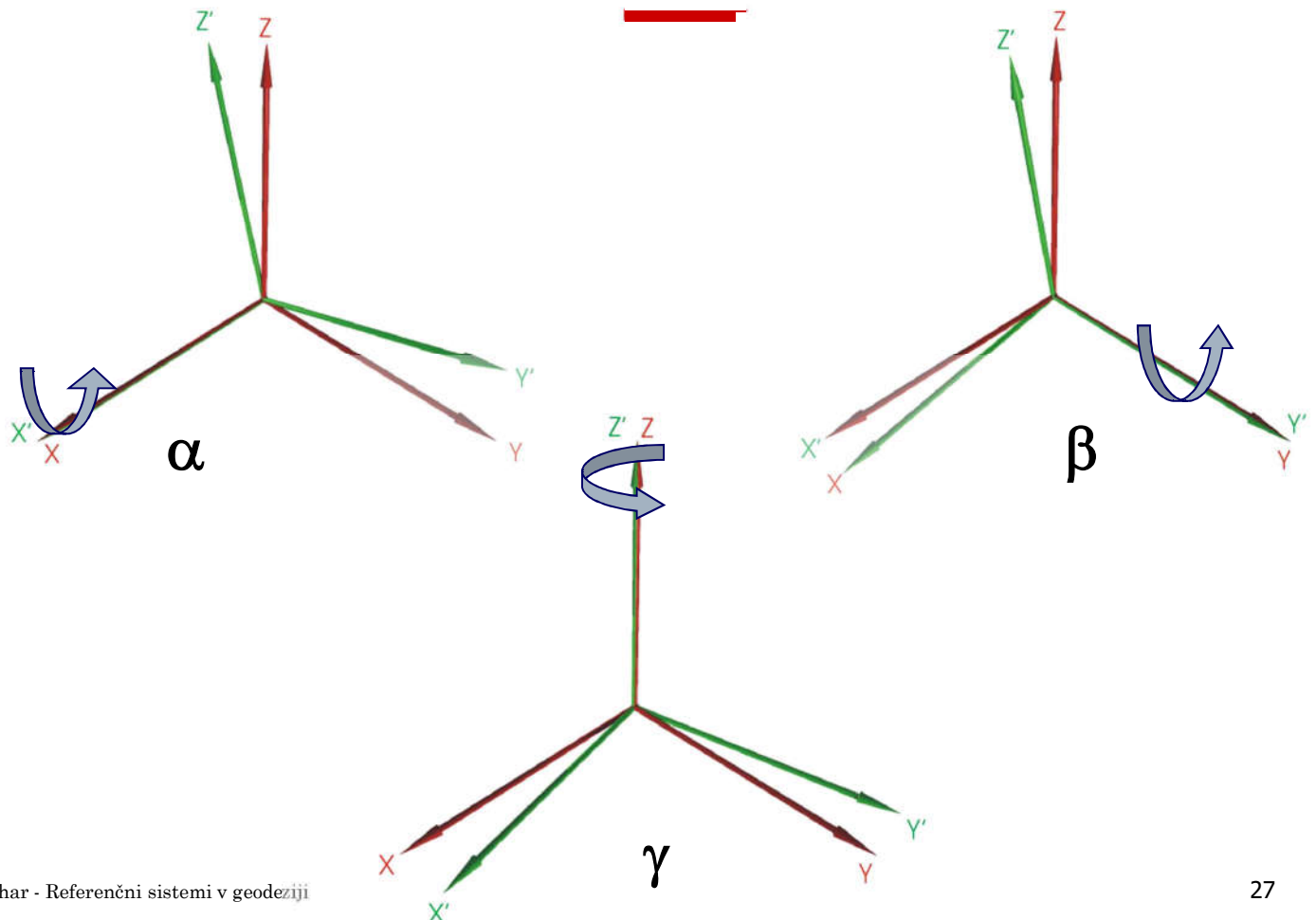
Podobnostna transformacija v 3D prostoru (1)



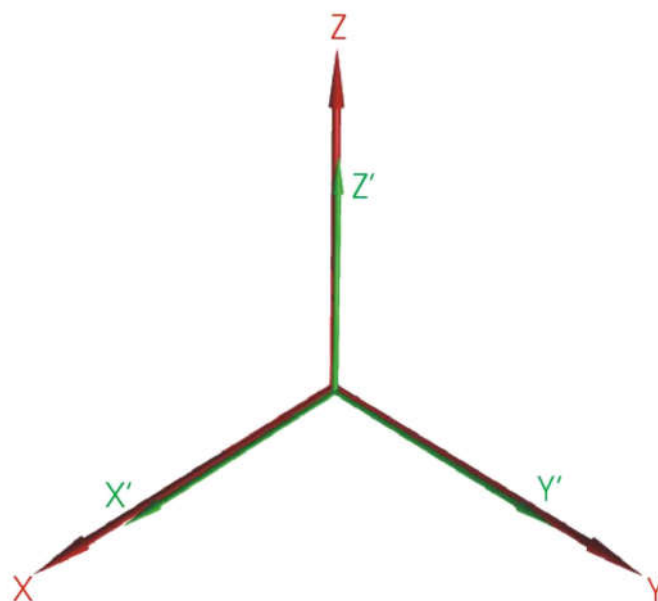
Translacije



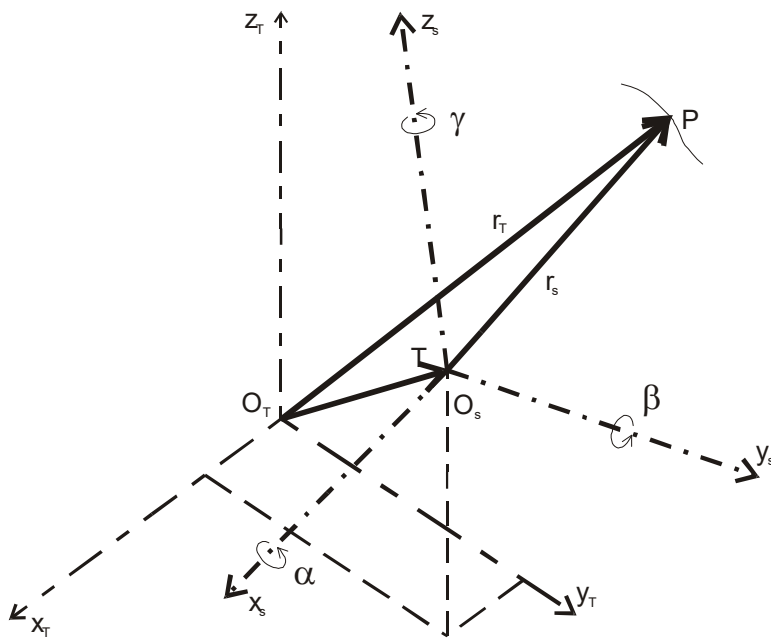
Zasuki okoli koord. osi



Sprememba merila

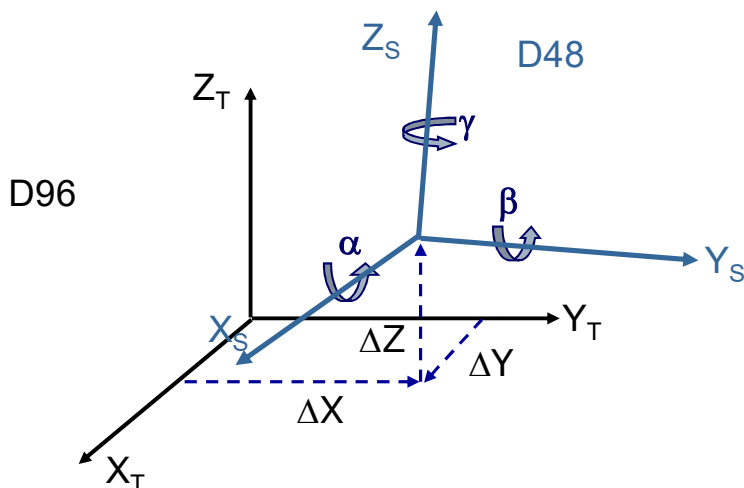


Podobnostna transformacija v 3D prostoru



$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = m\mathbf{R} \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

D96 – D48



$$\begin{bmatrix} X_T \\ Y_T \\ Z_T \end{bmatrix} = m\mathbf{R} \begin{bmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

X_T, Y_T, Z_T , koordinate točk v končnem koord. sistemu - "target";

X_S, Y_S, Z_S , koordinate točk v izhodiščem koord. sistemu - "source".

Transformacijski parametri - rotacije

- Koti zasuka so odvisni od relativnega položaja točk v mreži (odvisni so od baznih vektorjev GNSS meritev), ne pa od absolutnega položaja točk.
- Ocenjene rotacije bodo enake, ne glede na položaj izhodišča. Teoretična predpostavka za mali kot rotacije so 3". Vendar, če v transformaciji nastopajo "kratki" bazni vektorji (do 500 km), so "majhne" rotacije lahko tudi 10":
 - na primer rotacija baznega vektorja dolžine 500 km bo povzročila spremembo koordinat 1 mm.

Transformacijski parametri - merilo

- Na vrednost faktorja merila vplivajo spremembe položajev med točkami po transformaciji in oddaljenost točke od koordinatnega izhodišča. Faktor merila lahko določimo na osnovi 3D koordinat točk ali iz razmerja dolžin med točkami v oba koordinatna sistema.
- Sprememba merila se odraža v elipsoidnih koordinatah, pri čemer je vpliv na geodetsko dolžino zanemarljiv, na elipsoidno širino je večji, veliko pa vpliva na elipsoidne višine. Na primer sprememba merila 1 ppm vpliva na spremembo geod. širine okrog 0,0007" (pribl. 2 cm), na spremembo v višini pa pribl. 6,4 m.

Izravnavna transformacije (1)

- Koordinate točk v obeh koordinatnih sistemih obravnavamo v izravnavi transformacije kot opazovane količine.
- Za izravnavo transformacije je primeren splošni model izravnavne, ko v izravnavi istočasno obravnavamo opazovanja in neznanke. V primeru transformacije so opazovanja koordinate **identičnih*** točk, dane v obeh koordinatnih sistemih, s pripadajočo informacijo o natančnosti, neznanke so transformacijski parametri.
- * V programu SITRA se identične točke imenujejo "**vezne**" točke

Izravnavna transformacije (2)

- Za določitev k transformacijskih parametrov je najmanjše možno število koordinat, danih v obeh sistemih, k .
- Ta pogoj naj bi bil v splošnem izpolnjen z dvema skupnima točkama, ki imata znane po tri koordinate v vsakem koordinatnem sistemu in tretjo točko, ki ima znano eno koordinato v obeh koordinatnih sistemih. Vendar se je v praksi pokazalo kot potrebno uporabiti **najmanj 4 skupne točke**, ker na ta način pridobimo dovolj nadštevilnih opazovanj za ustrezno oceno transformacijskih parametrov.

Transformacija med globalnimi in lokalnimi datumi -1

- ❑ Zaradi narave tehnologije GNSS, s katero določamo 3D položaj, opravljamo transformacijo v treh dimenzijah. V praksi nas dejansko zanima samo horizontalna komponenta, saj je višina tukaj samo "nujno zlo".
- ❑ Če primerjamo koordinate dveh "globalnih" geodetskih datumov, lahko pričakujemo male vrednosti kotov zasuka in merila. Za določitev transformacijskih parametrov uporabimo transformacijo po postopku **Burša-Wolf**. Postopek določa transformacijske parametre tako kot je opisano. Rezultati so dobri, če skupne točke zajemajo čim večje območje (na primer kontinent, velika država).

Transformacija med globalnimi in lokalnimi datumi - 2

- ❑ Če po tem postopku določamo parametre transformacije med lokalnim in globalnim datumom in je območje skupnih točk majhno (kar je v praksi najbolj pogosto; velja tudi za območje celotne države) ne bomo dobili objektivnih rezultatov.
- ❑ V postopku **Burša - Wolf** so transformacijski parametri medsebojno zelo korelirani.
- ❑ Če je območje skupnih točk majhno, je težko ugotoviti vzrok odstopanj na skupnih točkah:
 - ali so ti posledica translacij med koordinatnimi izhodišči;
 - ali so posledica kotov zasuka.
- ❑ V tem primeru je najprimerneje izbrati podobnostno transformacijo po postopku **Molodenski - Badekas**.

- Postopek transformacije **Molodenski - Badekas** določa transformacijske parametre translacije in zasuka glede na težiščno točko mreže (identičnih točk). Pri tem se odpravi koreliranost med translacijo in rotacijo.
- Postopek **Molodenski - Badekas** da enake vrednosti kotov zasuka in spremembe merila kot postopek **Burša - Wolf**, razlika je samo v vrednostih translacije. Ti imajo tudi mnogo višjo a-posteriori natančnost.

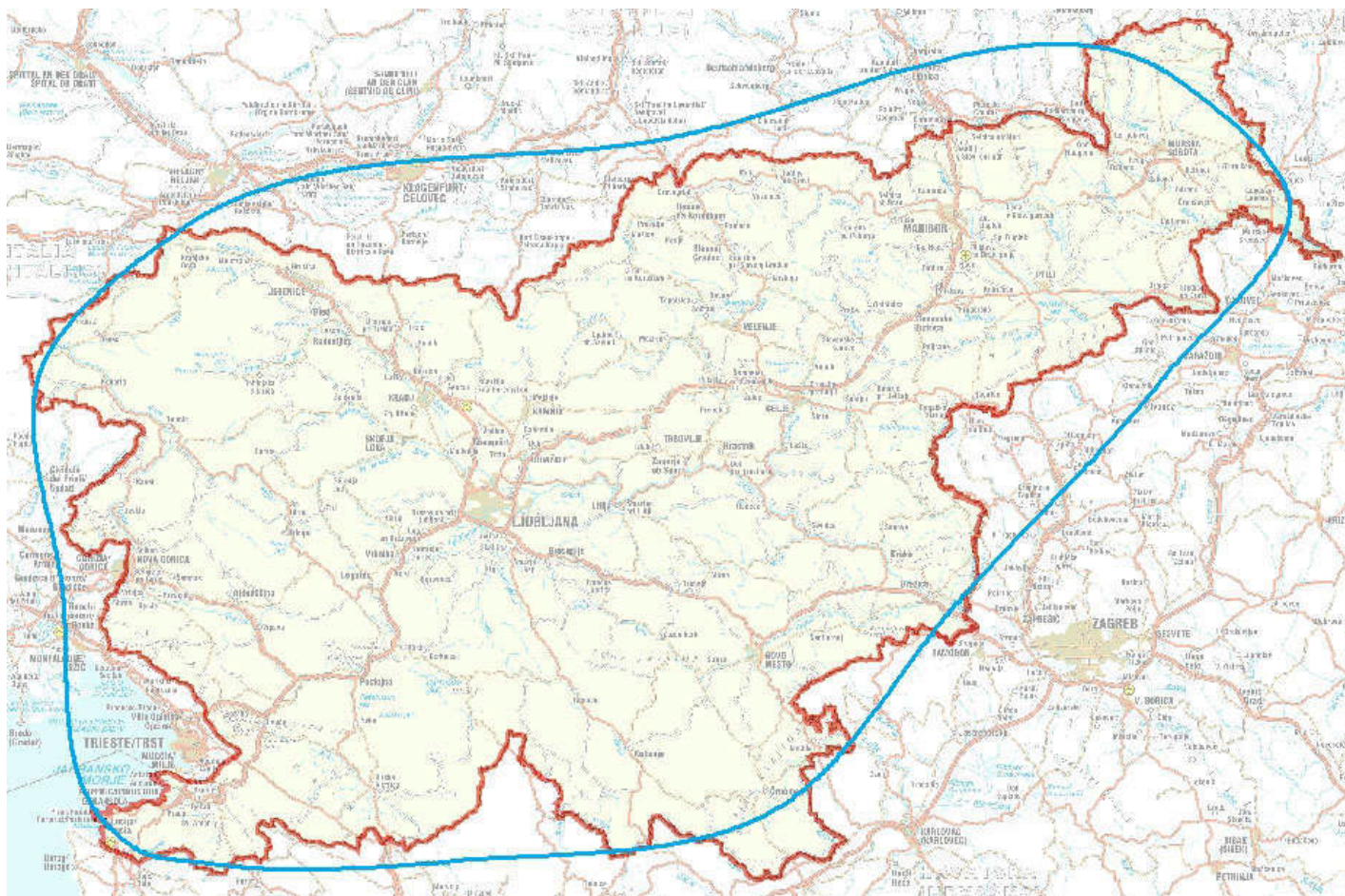
Problem natančnosti prostorske Helmertove transformacije

- Matematična formulacija podobnostne transformacije predstavlja zvezno funkcijo. In zamenjava zvezne funkcije s končnim številom točk lahko vodi do napak.
- Natančnost v postopku izravnav transformacije ocenjenih transformacijskih parametrov je odvisna tudi od prostorske razporeditve točk. Za zanesljivo rešitev je pomembno, da so točke prostorsko pravilno razporejene.
- V primeru mreže z neenakomerno razporejenimi točkami bomo dobili rešitev, ki bo značilna za področje z večjo gostoto točk.

Natančnost transformiranih koordinat

- Natančnost transformiranih koordinat je odvisna:
 - od natančnosti določitve transformacijskih parametrov in
 - od natančnosti koordinat, ki jih transformiramo.
- V primeru transformacije koordinat točk v/iz državni koordinatni sistem, imamo opravka tudi z močnimi lokalnimi deformacijami državnega koordinatnega sistema. Zato je potrebno pri natančnosti transformiranega položaja točke upoštevati tudi nenatančnost koordinatnega sistema iz/v katerega položaje točk transformiramo. Običajno je največje odstopanje transformiranih koordinat v smeri višinske komponente položaja točke.

Parametri v SLO glede na velikost območja transformacije



Celotna Slovenija

SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.147 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-65.9	-61.3	-44.7
max	123.8	70.0	63.9

sr.v.	0.0	-0.0	5.7
sr.v. (abs)	22.6	16.3	9.6

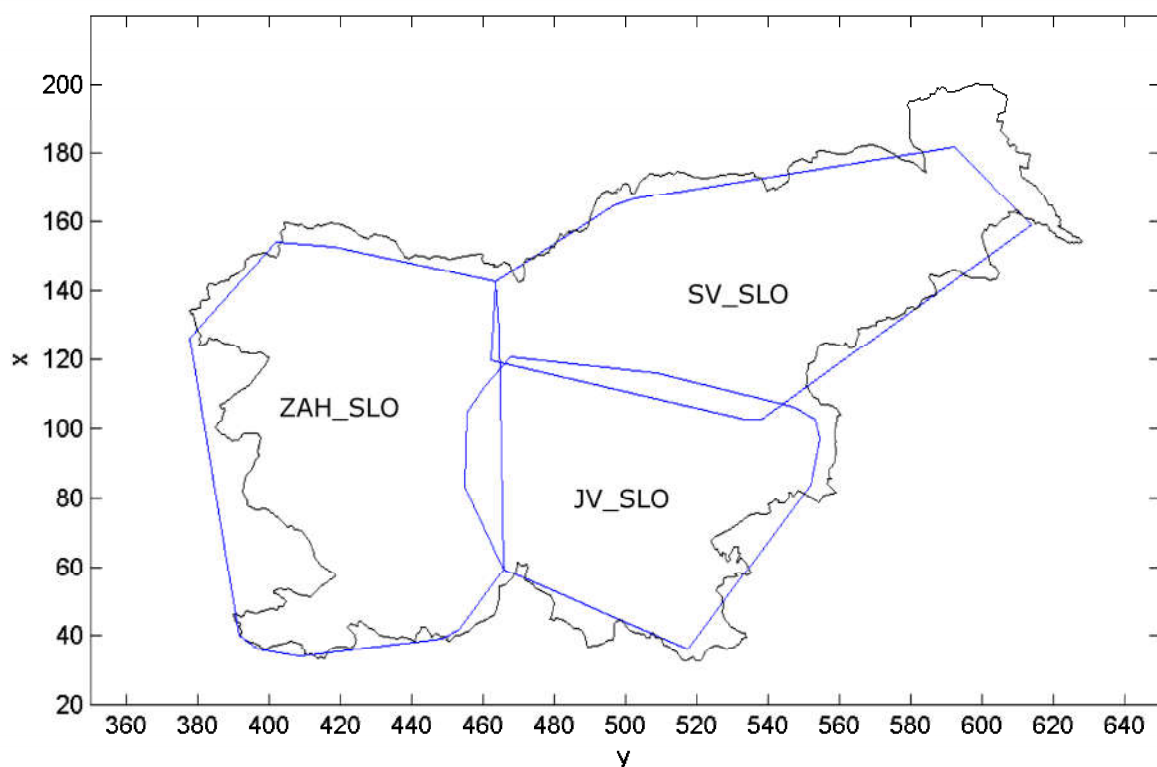
Površina območja transformacije:
23102.65 km²

Število veznih točk: 420

Transf. parametri:

deltaX	-473.862034	m
deltaY	-124.587314	m
deltaZ	-413.576255	m
alfa	04.730807	"
beta	02.380796	"
gama	- 11.786482	"
merilo	-10.645117	ppm

Slovenija – tri regije



SLO – 3 regije parametri

ZAHODNA SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.071 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-35.7	-24.3	-27.9
max	28.5	24.4	47.4

sr.v.	0.0	-0.0	8.1
sr.v. (abs)	9.5	10.0	10.2

Površina območja transformacije:
8777.85 km²

Število veznih točk: 169

Transformacijski parametri:

deltaX	-453.674298 m
deltaY	-112.560778 m
deltaZ	-388.286611 m
alfa	05.343297 "
beta	02.485394 "
gama	- 10.836743 "
merilo	-15.958238 ppm

SEVEROVZHODNA SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.092 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-37.8	-41.0	-17.6
max	41.8	50.4	63.9

sr.v.	0.0	0.0	8.4
sr.v. (abs)	13.2	12.5	11.0

Površina območja transformacije:
7237.39 km²

Število veznih točk: 154

Transformacijski parametri:

deltaX	-491.555745 m
deltaY	-135.971676 m
deltaZ	-440.399732 m
alfa	03.683681 "
beta	02.232141 "
gama	- 13.171698 "
merilo	-5.421926 ppm

JUGOVZHODNA SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.074 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-38.8	-30.0	-44.7
max	31.6	30.3	31.7

sr.v.	0.0	-0.0	1.1
sr.v. (abs)	9.7	10.8	8.1

Površina območja transformacije:
5779.03 km²

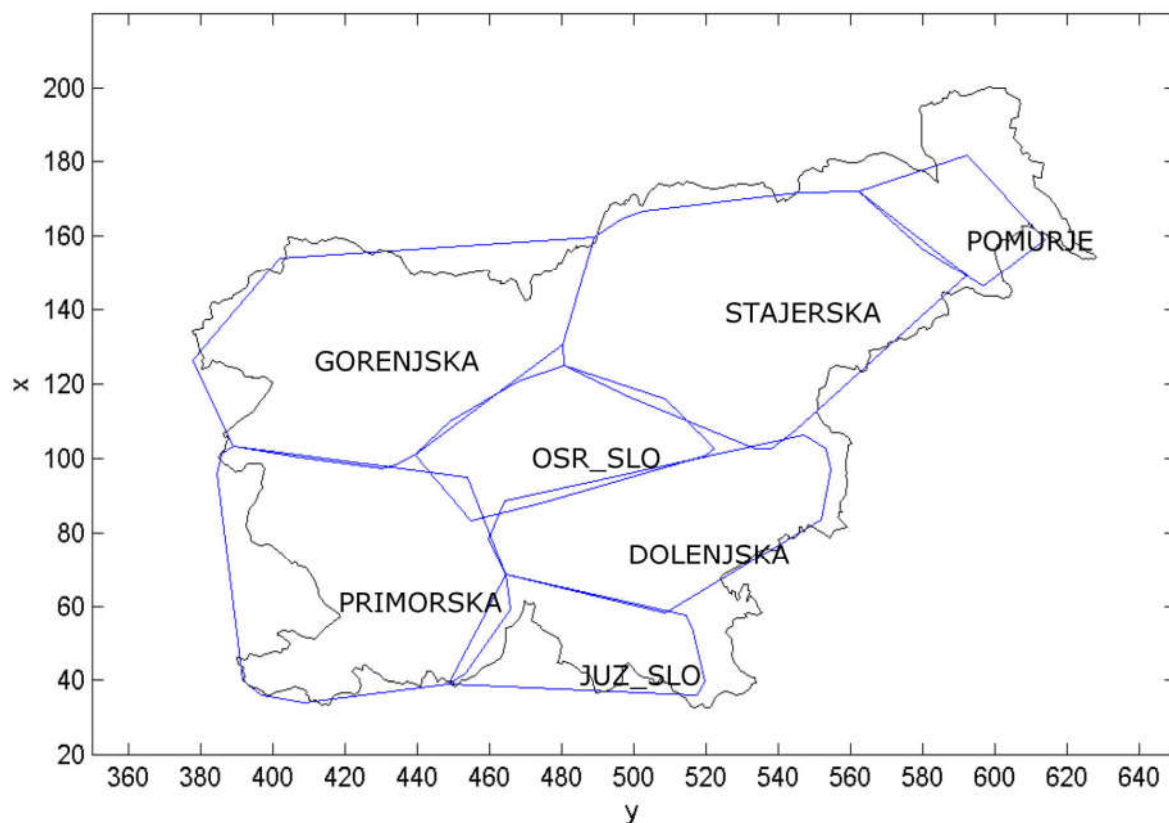
Število veznih točk: 150

Transformacijski parametri:

deltaX	-485.017869 m
deltaY	-129.746797 m
deltaZ	-423.199123 m
alfa	04.880531 "
beta	02.348721 "
gama	- 11.745346 "
merilo	-8.231637 ppm

M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

Slovenija – 7 regij



M. Kuhar - Referenčni sistemi v geodeziji

OSREDNJA SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.039 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-15.9	-18.5	-17.3
max	16.6	14.9	22.0

sr.v.	0.0	-0.0	1.4
sr.v. (abs)	4.7	5.5	6.2

Površina območja transformacije:
1987.85 km²

Število veznih točk: 57

Transformacijski parametri:

deltaX	-465.327872 m
deltaY	-122.305091 m
deltaZ	-403.608550 m
alfa	04.387757 "
beta	02.265582 "
gama	- 12.157415 "
merilo	-12.730190 ppm

JUŽNA SLOVENIJA

Srednji stand. odklon: 0.037 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-8.6	-11.0	0.8
max	3.6	13.7	32.7

sr.v.	0.0	-0.0	10.8
sr.v. (abs)	2.8	6.2	10.8

Površina območja transformacije:
1577.26 km²

Število veznih točk: 11

Transformacijski parametri:

deltaX	-502.100720 m
deltaY	-131.515925 m
deltaZ	-433.703819 m
alfa	06.054862 "
beta	02.498236 "
gama	- 10.429331 "
merilo	-5.188197 ppm

DOLENJSKA

Srednji stand. odklon: 0.063 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-30.8	-29.6	-44.7
max	25.2	27.4	32.7

sr.v.	-0.0	-0.0	1.2
sr.v. (abs)	7.6	9.3	9.3

Površina območja transformacije:
2765.52 km²

Število veznih točk: 97

Transformacijski parametri:

deltaX	-481.870853 m
deltaY	-129.173120 m
deltaZ	-420.608110 m
alfa	05.096868 "
beta	02.423927 "
gama	- 11.524756 "
merilo	-8.872387 ppm

ŠTAJERSKA

Srednji stand. odklon: 0.071 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-32.2	-33.4	-17.6
max	27.2	36.8	63.9

sr.v.	-0.0	-0.0	9.1
sr.v. (abs)	10.2	8.5	11.9

Površina območja transformacije:
5126.97 km²

Število veznih točk: 124

Transformacijski parametri:

deltaX	-477.730056 m
deltaY	-130.718457 m
deltaZ	-424.460325 m
alfa	03.790572 "
beta	02.246488 "
gama	- 12.992070 "
merilo	-8.828735 ppm

POMURJE

Srednji stand. odklon: 0.049 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-15.7	-19.8	-10.4
max	21.0	14.3	21.2

sr.v.	-0.0	0.0	5.6
sr.v. (abs)	5.8	7.3	6.8

Površina območja transformacije:
929.01 km²

Število veznih točk: 30

Transformacijski parametri:

deltaX	-523.882106 m
deltaY	-151.289415 m
deltaZ	-480.591989 m
alfa	03.706371 "
beta	02.315828 "
gama	- 13.400341 "
merilo	2.972511 ppm

GORENJSKA

Srednji stand. odklon: 0.055 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-18.4	-16.5	-27.9
max	24.0	23.0	47.4

sr.v.	-0.0	-0.0	8.0
sr.v. (abs)	7.9	7.0	11.0

Površina območja transformacije:
4728.11 km²

Število veznih točk: 73

Transformacijski parametri:

deltaX	-438.774927 m
deltaY	-109.402675 m
deltaZ	-377.696035 m
alfa	04.933923 "
beta	02.503267 "
gama	- 11.269930 "
merilo	-18.814763 ppm

PRIMORSKA in NOTRANJSKA

Srednji stand. odklon: 0.059 m

Najmanjše in največje
vrednosti odstopanj:

	dx (cm)	dy (cm)	dH (cm)
min	-23.0	-19.2	-12.7
max	27.0	24.3	48.5

sr.v.	0.0	0.0	8.9
sr.v. (abs)	7.5	8.7	10.2

Površina območja transformacije:
4452.88 km²

Število veznih točk: 102

Transformacijski parametri:

deltaX	-465.714655 m
deltaY	-115.127057 m
deltaZ	-397.621959 m
alfa	05.743906 "
beta	02.510737 "
gama	- 10.415817 "
merilo	-13.558204 ppm

Diagram poteka transformacije

Potek transformacije med različnimi datumi in projekcijami

