

Seminář z geoinformatiky

Měření vodorovných úhlů

Přednášející: Ing. M. Čábelka

cabelka@natur.cuni.cz

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

PřF UK v Praze

Měření vodorovných úhlů

Základním prvkem při měření vodorovných úhlů je směr.

Metody měření vodorovných úhlů jsou vypracovány na požadavcích přesnosti měření a konstrukci přístrojů.

Měření úhlů dělíme na měření ve dvou polohách dalekohledu, měření úhlů v řadách a skupinách.

K získání spolehlivých naměřených hodnot je nutné, aby byl teodolit rektifikovaný, centrovaný, horizontovaný a dalekohled dobře zaostřený.

V případě, že stavíme teodolit na stativ, je nutné, aby byl stativ pevně postaven.

Během měření není možné opravovat horizontaci přístroje a centraci přístroje.

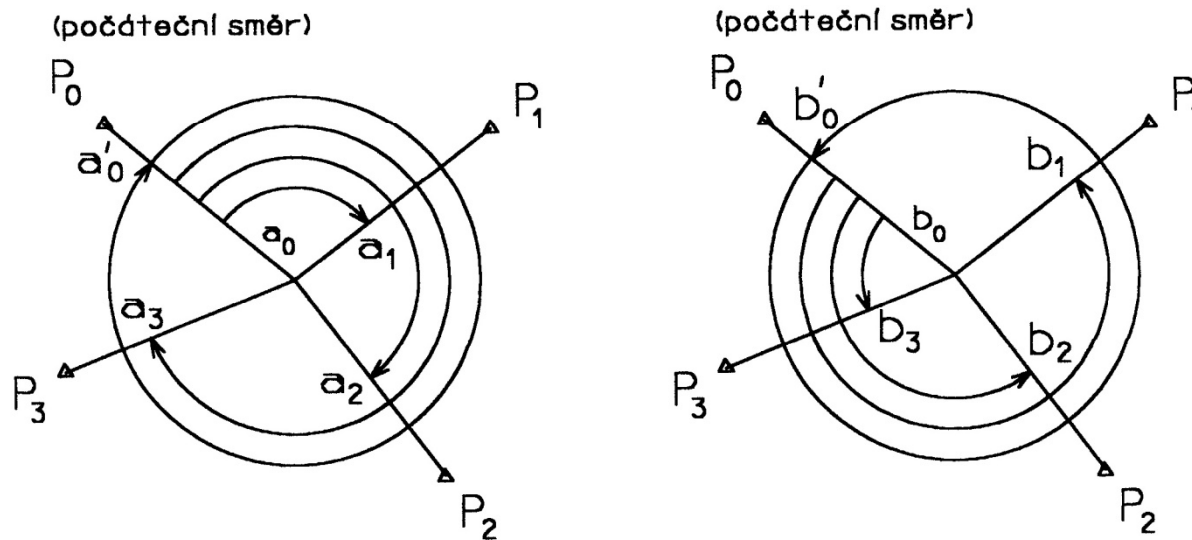


Měření vodorovných úhlů

Měření úhlů v řadách a skupinách

Je založeno na měření vodorovných směrů v obou polohách dalekohledu. Jednotlivé úhly se vypočtou z rozdílu příslušných směrů. Tato metoda je základní metodou při určování bodů polohového pole a většiny měření.

Každá měřická skupina se skládá z měření v první a z měření v druhé poloze dalekohledu.



Měření vodorovných úhlů

Měření úhlů v řadách a skupinách

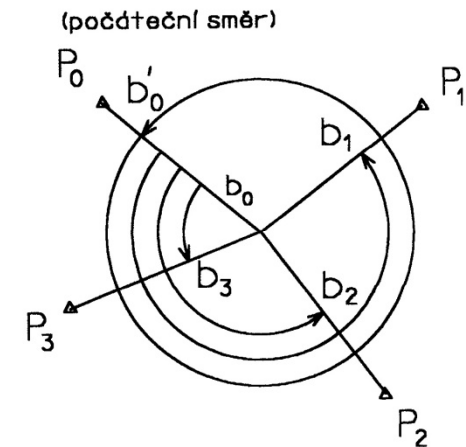
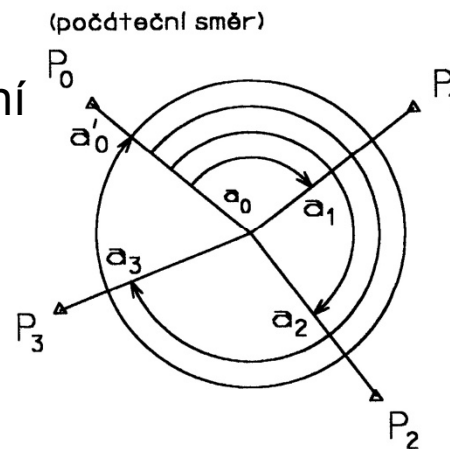
Uzávěr skupiny vypočtený z průměru z obou řad měření u počátečního a zároveň koncového směru nesmí překročit 2,5 násobek střední chyby teodolitu.

Rozdíly obou průměrů jsou výsledkem řady různých druhů náhodných a systematických chyb.

Pro dosažení větší přesnosti se provádí měření ve více měřických skupinách.

Z důvodu nestejnomyšerného dělení kruhu se nastavuje při každé další skupině na počáteční směr čtení změněné o hodnotu $2R/n$ (n je počet skupin).

U elektronických teodolitů se výsledky ukládají do paměti teodolitů, u teodolitů se skleněnými kruhy se zapisují do zápisníku.



Měření vodorovných úhlů

Chyby při měření vodorovných úhlů a směrů

Naměřené veličiny jsou zatíženy nevyhnutelnými chybami, které jsou tvořeny řadou náhodných a systematických vlivů.

Chyby se dělí na strojové, měřické a z vnějšího prostředí.

Měřické chyby

K chybám měřickým se řadí všechny chyby způsobené nedokonalostí činností celé měřické skupiny.

Patří k nim:

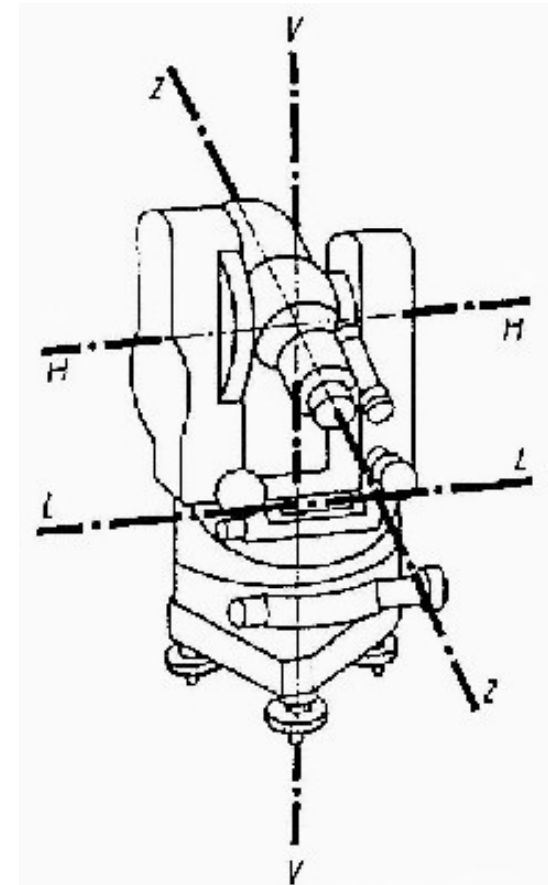
- Chyba z horizontace přístroje (nepřesné urovnání přístroje)
- Chyba z centrace přístroje
- Chyba z nesprávného postavení přístroje
- Chyba v cílení
- Chyba ve čtení stupnice

Měření vodorovných úhlů

Chyby při měření vodorovných úhlů a směrů

Strojové chyby

- Chyba z nesprávného urovnání přístroje, způsobená nepřesnou rektifikací alhidádové libely (není splněna podmínka $L \perp V$)
- Chyba kolimační (není splněna podmínka $Z \perp H$). Měřením směru ve dvou polohách dalekohledu se vliv kolimační chyby vyloučí.
- Chyba ze sklonu klopné osy dalekohledu (není splněna podmínka $H \perp V$). Chyba se vyloučí měřením v obou polohách dalekohledu.
- Chyba z excentricity (výstřednosti) alhidády. Vznik tehdy, když osa alhidády neprochází přesně středem kruhu. Chyba se odstraňuje měřením ve skupinách. stupnice.

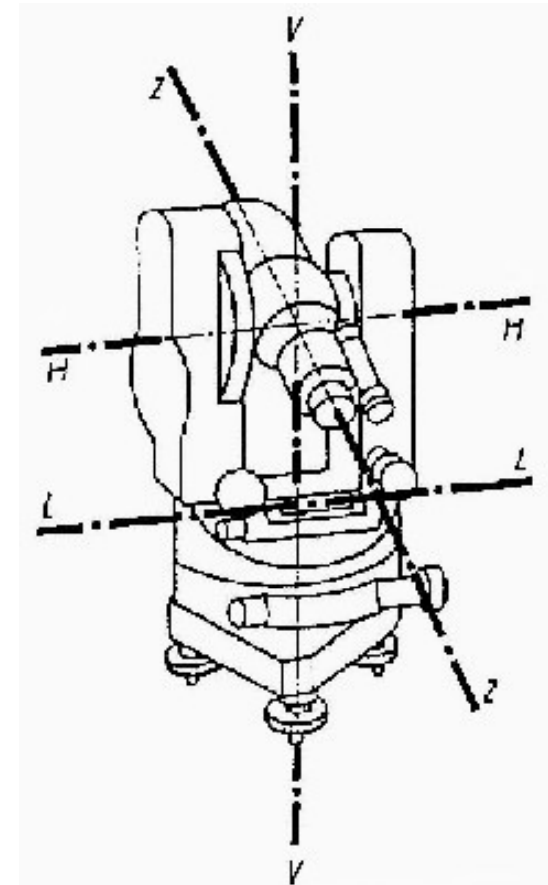


Měření vodorovných úhlů

Chyby při měření vodorovných úhlů a směrů

Strojové chyby

- Chyba z nediametrální polohy indexů (záměrná přímka Z neprochází alhidádovou osou V) Tato chyba je konstantní, takže každý vypočtený úhel, který je rozdílem dvou směrů, je od této chyby oproštěn.
- Chyba z dělení kruhu. Vliv této chyby se sníží měřením osnovy směrů ve skupinách na různých místech kruhu.
- Chyba ze sklonu roviny limbu je u současných přístrojů zanedbatelná vzhledem k vysoké kvalitě výroby.
- Chyba runová je způsobena nepřesným zvětšením stupnice. Runová chyba se podstatně snižuje u přesných úhlových pracích měřením v několika skupinách na různých místech mikrometrické stupnice.



Měření vodorovných úhlů

Chyby při měření vodorovných úhlů a směrů

Chyby z prostředí

Tyto chyby jsou tvořeny celou řadou dílčích vlivů z nepřesné znalosti vlastností atmosféry podél dráhy světelného paprsku (záměry) jdoucí z cíle do objektivu dalekohledu.

Z fyzikálních veličin ovlivňujících směr paprsků lze uvést zejména změny teploty, v tlaku vzduchu, vlhkosti vzduchu a přítomnost různých plynů, v první řadě kysličníku uhličitého.

Ke dvěma základním chybám z vlivu prostředí patří chyba z refrakce a chyba z vibrace.



Měření vodorovných úhlů

Přesnost měření vodorovných směrů a úhlů

Střední chyba m

- základní charakteristikou přesnosti měření vodorovných směrů a vodorovných úhlů,
- vznikne spolupůsobením všech chyb přístrojových, měřických a vnějších.

$$m = \sqrt{m_i^2 + m_\omega^2 + m_s^2 + m_t^2}$$

m_i – souhrnná střední chyba všech přístrojových chyb,

m_ω - střední chyba vlastního měření,

m_s – střední chyba v centraci signálu,

m_t – střední chyba v centraci teodolitu.

Měřickým postupem a správnou rektifikací přístroje usilujeme o to, aby hodnota $m_i \rightarrow 0$.

Měření vodorovných úhlů

Přesnost měření vodorovných směrů a úhlů

Vliv centrace uvažujeme zvlášť a přístrojové chyby vhodným způsobem vyloučíme 

střední chyba směru měřeného v jedné poloze dalekohledu m_{ψ} :

$$m_{\psi} = \sqrt{m_c^2 + m_o^2}$$

m_c - chyba z cílení, m_o - chyba ve čtení stupnice

střední chyba směru měřeného v obou polohách dalekohledu m_{ψ} :

$$m_{\psi} = \frac{\sqrt{m_c^2 + m_o^2}}{\sqrt{2}},$$

Měření vodorovných úhlů

Přesnost měření vodorovných směrů a úhlů

Střední chyba úhlu měřeného v jedné poloze dalekohledu m_ω :

$$\omega = \psi_2 - \psi_1 \quad \longrightarrow \quad m_\omega^2 = m_{\psi_2}^2 + m_{\psi_1}^2.$$

Lze předpokládat, že oba směry byly měřeny se stejnou přesností $m_{\psi_1} = m_{\psi_2} = m_\psi$, potom platí:

$$m_\omega^2 \doteq 2m_\psi^2 \quad m_\omega = m_\psi * \sqrt{2} = \sqrt{2 * (m_c^2 + m_o^2)}.$$

Střední chyba úhlu měřeného v obou polohách dalekohledu m_ω :

$$m_\omega = \frac{m_\psi * \sqrt{2}}{\sqrt{2}} = m_\psi = \sqrt{m_c^2 + m_o^2}.$$

Měření vodorovných úhlů

Přesnost měření vodorovných směrů a úhlů

Střední chyba úhlu měřeného v s skupinách $m_{\omega\text{-SKUP}}$:

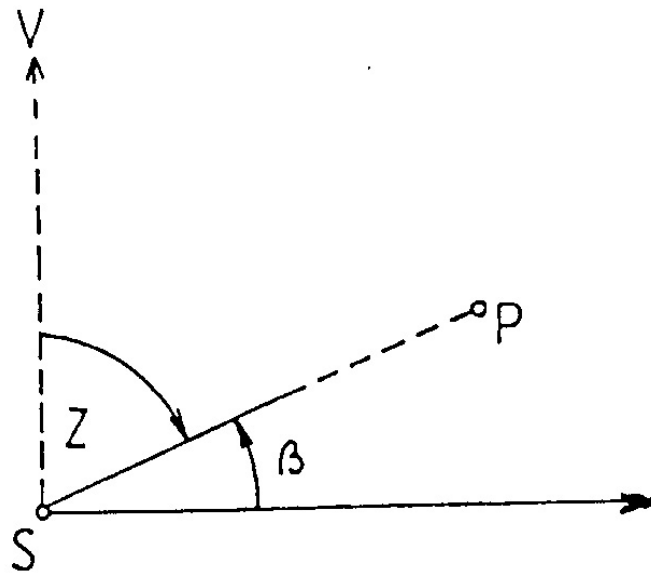
$$m_{\omega\text{-skup}} = \frac{m_{\omega}}{\sqrt{s}} = \sqrt{\frac{m_c^2 + m_o^2}{s}}$$

Měření zenitových úhlů

Svislé úhly se mohou měřit buď ve skupinách jako vodorovné směry anebo samostatně ihned v první i druhé poloze dalekohledu.

zenitový úhel z je úhel, který svírá směr zenitu (směr tížnice) se zaměřovaným směrem

výškový úhel β je úhel, který svírá vodorovná rovina procházející točnou osou dalekohledu a záměrnou přímkou na měřený směr



Vzájemný vztah mezi zenitovým úhlem a svislým úhlem je dán výrazem

$$z + \beta = 100^{\circ}.$$

Měření zenitových úhlů

Zenitové úhly se měří v jedné nebo ve dvou polohách dalekohledu.

Měření zenitového (svislého) úhlu v jedné poloze dalekohledu se používá převážně při tvorbě mapových podkladů. Při měření v jedné poloze dalekohledu je měřený úhel zejména zatížen indexovou a refrakční chybou.

Měření zenitového (svislého) úhlu v obou polohách dalekohledu.

U tohoto měření se vyloučí indexová chyba. Způsob přesnějšího určování velikosti svislých úhlů je probírán při trigonometrickém určování výšek.

indexová chyba

systematická chyba způsobená nesprávnou polohou počátku měřítka nebo odečítací pomůcky, např. nevodorovností (nesvislostí) odečítacího indexu při měření zenitových úhlů

$$z = \frac{400^s + o_1 - o_2}{2} = o_1 + i$$

$$i = \frac{400^s - (o_1 + o_2)}{2}$$

z – výsledný zenitový úhel

*o*₁, *o*₂ – čtení v první a druhé poloze

i – indexová chyba

Měření zenitových úhlů

Chyby zenitových (svislých) úhlů

Chyby strojové

- chyba kolimační,
- chyba ze sklonu klopné osy dalekohledu,
- chyba z nesprávné horizontace přístroje,
- chyba indexová,
- chyba z excentricity klopné osy dalekohledu,
- chyba z excentricity záměrné přímky,
- chyba z nepřesné centrace přístroje

Chyby měřické

- chyba z nepřesného urovnání indexové libely,
- chyba v zacílení dalekohledu,
- chyba ve čtení,
- chyba výšky teodolitu a cíle,
- chyba z nepřesné centrace přístroje.

Chyby prostředí

- chyba z refrakce