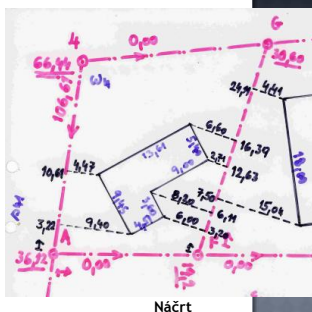


GEODÉZIE A PREZENTACE K PŘEDNÁŠKÁM 6. DÍL

Ing. Pavel Hánek, Ph.D.
hanek00@zf.jcu.cz

ORTOGONÁLNÍ METODA & KONSTRUKČNÍ OMĚRNÉ

- ⊙ jednoduché metody pro měření polohopisu
- ⊙ ortogonální metoda - měří se staničení a kolmice, pravý úhel se realizuje s využitím pentagou, délky se měří pásmem
- ⊙ konstrukční oměrné - v případě pravouhlého objektu, který je určen pomocí 2 bodů (rohů) se celý objekt oměří pásmem, tj. změří se oměrky
- ⊙ ukázky metod v náčrtu



TEORIE CHYB CHYBY MĚŘENÍ A JEJICH DĚLENÍ

Všechna měření jsou zatížena chybami!

Chyby dělíme na:

- ⊙ Omyly a hrubé chyby
 - „jedno měření = žádné měření“
 - lze je z měření vyloučit
- ⊙ Systematické chyby (c)
 - systematicky (soustavně) ovlivňují výsledky opakovaných měření
 - lze nalézt závislost na určité příčině
 - konstantní vs. proměnlivé
 - potlačení:
 - kalibrací a rektifikací přístrojů
 - metodikou měření
 - Jednoduchá kritéria přítomnosti systematických chyb:
 - znaménkový test: |počet znamének plus minus počet zn. minus| < /n
- ⊙ Náhodné chyby

NÁHODNÉ CHYBY A ZÁKON PŘENÁŠENÍ CHYB

Ⓢ Náhodné chyby (δ)

- jednotlivě nemají zákonitosti
- ve větších souborech mají statistické zákonitosti

$$e_i = \delta_i + c_i$$

* Skutečná chyba měření

$$\epsilon = X - I$$

* Zákon přenášení skutečných chyb

Explicitně: $u = f(x, y, z)$

Ve skutečnosti mají x, y, z skutečné chyby $\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$

Taylorův rozvoj: $u + \epsilon_u = f(x + \epsilon_x, y + \epsilon_y, z + \epsilon_z) - f(x, y, z)$

$$\epsilon_u = \frac{\partial f}{\partial x} \epsilon_x + \frac{\partial f}{\partial y} \epsilon_y + \frac{\partial f}{\partial z} \epsilon_z$$

úpravou $\epsilon_u = a\epsilon_x + b\epsilon_y + c\epsilon_z$

Věta o střední hodnotě $m^2 = \sigma^2 = E(\epsilon^2)$

$$\text{potom } m_u = \sigma_u = \sqrt{a^2\sigma_x^2 + b^2\sigma_y^2 + c^2\sigma_z^2}$$

NÁHODNÉ CHYBY A ZÁKON PŘENÁŠENÍ CHYB

Příklad: Vypočítejte vzdálenost v a její směrodatnou odchylku. Vzdálenost je složena ze 4 úseků, $a = 10$ m, $b = 20$ m, $c = 30$ m, $d = 40$ m. Směrodatná odchylka $\sigma_a = \sigma_b = 3$ mm = σ_{ab} , $\sigma_c = \sigma_d = 2$ mm = σ_{cd} .

1. Stanovení funkčního vztahu

$$v = a + b + c + d$$

2. Aplikace zákona o hromadění skutečných chyb

$$\epsilon_v = \epsilon_a + \epsilon_b + \epsilon_c + \epsilon_d$$

3. Aplikace zákona o směrodatných odchylkách (středních hodnotách)

$$\sigma_v^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2 + \sigma_d^2$$

$$\sigma_v^2 = 2\sigma_{ab}^2 + 2\sigma_{cd}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{2\sigma_{ab}^2 + 2\sigma_{cd}^2}$$

4. Výpočet hodnot

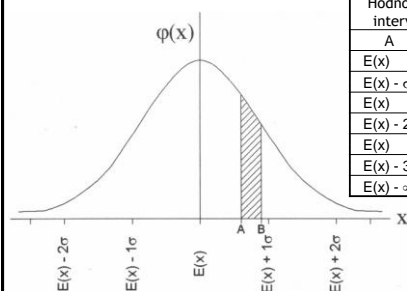
$$v = 10 + 20 + 30 + 40 = 100 \text{ m}$$

$$\sigma_v = \sqrt{2 \cdot 3^2 + 2 \cdot 2^2} = 5,1 \text{ mm}$$

NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ - GAUSSOVA KŘIVKA

Vlastnosti náhodných chyb:

- pravděpodobnost vzniku kladné či záporné odchylky je stejná
- malé chyby jsou pravděpodobnější (četnější) než velké
- chyby nad určitou mez se nevyskytují (resp. považujeme je za hrubé)



Hodnoty pravděpodobnosti pro interval mezi body „A“ a „B“		
A	B	P [%]
E(x)	E(x) + σ	34,1
E(x) - σ	E(x) + σ	68,2
E(x)	E(x) + 2 σ	47,7
E(x) - 2 σ	E(x) + 2 σ	95,4
E(x)	E(x) + 3 σ	49,9
E(x) - 3 σ	E(x) + 3 σ	99,7
E(x) - ∞	E(x) + ∞	100,0

Graf frekvenční křivky normálního rozdělení pro $N(E(x), \sigma^2)$

CHARAKTERISTIKY PŘESNOSTI

- ⊙ Skutečná (pravá) chyba $\varepsilon = X - x_i$,
 X - je pravá (skutečná) hodnota, kterou prakticky nikdy neznáme
 x_i - je pozorovaná (měřená) hodnota
- ⊙ Průměrná skutečná chyba, $s = \frac{\sum \varepsilon}{n}$
 n - je počet měření
- ⊙ Pravděpodobná chyba „r“, platí že polovina možných chyb má absolutní hodnoty větší resp. menší (tj. leží uprostřed seřazených absolutních hodnot skutečných chyb)
- ⊙ Přesnost se vyjadřuje pomocí směrodatné odchylky „ σ “, ve starší terminologii střední (kvadratická) chyby „m“
- ⊙ Platí: $r : s : m = 0,48 : 0,56 : 0,71$

SMĚRODATNÁ ODCHYLKA (STŘEDNÍ CHYBA)

Charakteristika přesnosti měření:

- Základní směrodatná odchylka:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n}}$$

- Výběrová směrodatná odchylka:

$$\bar{l} = \frac{[l]}{n} = \sqrt{\frac{\sum l_i^2}{n}} \quad v_i = \bar{l} - l_i \quad s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum v_i^2}{n-1}}$$

MEZNÍ ODCHYLKA

- ⊙ Určuje hranici, jakou "maximální" odchylku měření může mít

$$\delta_M = u_p \cdot \sigma$$

- ⊙ Koefficient spolehlivosti u_p (normovaná hodnota normálního rozdělení)
 - volí se podle významu práce
 - $u_p = 2$ - 95% pravděpodobnost, že náhodná chyba nepřekročí δ_M
 - $u_p = 3$ - 99% pravděpodobnost, že náhodná chyba nepřekročí δ_M

METODA NEJMENŠÍCH ČTVERCŮ (MNČ)

- ⊙ 1809 K. F. Gauss
- ⊙ využívá se při vyrovnání geodetických sítí, při výpočtu polygonových pořadů, při zpracování obrazových dat, všude, kde je nadbytečný počet pozorování (měření)
- ⊙ založeno na podmínce $\Sigma v^2 = [vv] = \min$.
- ⊙ Minimum: 1. derivace = 0, 2. derivace sudá
 - $[vv]' = 2(v_1 + v_2 + \dots + v_n) = 0$, z toho $[v] = 0$
 - $[v]'' = [vv]'' = (1 + 1 + \dots + 1) = n > 0$

TRANSFORMACE

Délkový modul: $q = \frac{s_1}{s_2} = \frac{s}{s'}$

Úhel rotace: $\omega = \sigma_{AB}^1 - \sigma_{AB}^2$

1) Shodnostní transformace:
 $q_x = q_y = 1$

2) Podobnostní transformace:
 $q_x = q_y = q, \neq 1$

3) Afínní transformace:
 $q_x \neq q_y$

Transformační rovnice:
 $Y_p = t_y + q x_p' \sin \omega + q y_p' \cos \omega$
 $X_p = t_x + q x_p' \cos \omega - q y_p' \sin \omega$

⊗ používá se pro převod souřadnic z jedné souřadnicové soustavy do druhé souřadnicové soustavy
 ⊗ musí být minimálně dva identické body (A,B), identický bod = bod u něhož jsou známy souřadnice v obou souř. systémech

TRANSFORMACE

Rovnice v maticovém zápisu:

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \end{pmatrix} + q \begin{pmatrix} \cos \omega & -\sin \omega \\ \sin \omega & \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix}$$

Čtvercová matice rotace je regulární, protože hodnost se rovná počtu všech řádků a současně počtu lineárně nezávislých řádků. Koeficienty t_x a t_y vyloučíme ztotožněním počátků obou soustav v jednom identickém, tedy přechodem na souřadnicové rozdíly $\Delta X_{AB}, \Delta Y_{AB}$ a $\Delta X'_{AB}, \Delta Y'_{AB}$. Označíme-li $a_1 = q \cdot \cos \omega$, $a_2 = q \cdot \sin \omega$,

$$\begin{pmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 & -a_2 \\ a_2 & a_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta X'_{AB} \\ \Delta Y'_{AB} \end{pmatrix} \text{ a tedy též } \begin{pmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X'_{AB} & -\Delta Y'_{AB} \\ \Delta Y'_{AB} & \Delta X'_{AB} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}$$

odtud pro určení jediných dvou neznámých prvků:

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Delta X'_{AB} & -\Delta Y'_{AB} \\ \Delta Y'_{AB} & \Delta X'_{AB} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \end{pmatrix}$$

řešením inverzní matice $\begin{pmatrix} \Delta X'_{AB} & -\Delta Y'_{AB} \\ \Delta Y'_{AB} & \Delta X'_{AB} \end{pmatrix}^{-1} = \frac{1}{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} \begin{pmatrix} \Delta X'_{AB} & \Delta Y'_{AB} \\ -\Delta Y'_{AB} & \Delta X'_{AB} \end{pmatrix}$

a dosazením do dostaneme

$$a_1 = \frac{\Delta X'_{AB} \Delta X_{AB} + \Delta Y'_{AB} \Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} = \frac{\Delta Y'_{AB} \Delta Y_{AB} + \Delta X'_{AB} \Delta X_{AB}}{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}$$

$$a_2 = \frac{-\Delta Y'_{AB} \Delta X_{AB} + \Delta X'_{AB} \Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2} = \frac{\Delta Y'_{AB} \Delta X_{AB} - \Delta X'_{AB} \Delta Y_{AB}}{\Delta X_{AB}^2 + \Delta Y_{AB}^2}$$

METROLOGIE - CO JE A K ČEMU JE?

- ⊗ Metrologie je věda o měření
- ⊗ tři hlavní úkoly:
 - definování jednotek (Vyhláška č. 264/2000 Sb., o základních měřicích jednotkách a ostatních jednotkách a o jejich označování, novelizovaná vyhláškou 424/2009 Sb.)
 - realizace jednotek pomocí vědeckých metod
 - vytváření řetězců návaznosti

JSOU TYTO ZÁPISY ROZMĚRU S OHLEDEM NA PŘESNOST STEJNÉ?

- 1 m
- 1,0 m
- 1,00 m
- 1,000 m

NEJSOU !

Důvod:

- 1 m reprezentuje interval $<0,5 ; 1,5)$ m
=> přesnost údaje $\pm 0,5$ m
- 1,0 m reprezentuje interval $<0,95 ; 1,05)$ m
=> přesnost údaje $\pm 0,05$ m
- 1,00 m reprezentuje interval $<0,995 ; 1,005)$ m
=> přesnost údaje $\pm 0,005$ m
- 1,000 m reprezentuje interval $<0,9995 ; 1,0005)$ m
=> přesnost údaje $\pm 0,0005$ m

VYTVÁŘENÍ ŘETĚZCŮ NÁVAZNOSTI

Mezinárodní etalon

Státní etalon

Referenční etalon
- etalony KL, pracovní etalon

Pracovní nebo stanovené měřidlo

Pro každé měřidlo musí být uživatel schopen prokázat dodržení návaznosti na etalon vyššího řádu.

V případě předložení kalibračního listu od akreditované kalibrační laboratoře je tento předpoklad splněn.

STANOVENÉ NEBO NESTANOVENÉ MĚŘIDLO

Stanovená měřidla

- stanovená ve vyhlášce MPO 262/2000 Sb. v platném znění
- např. vodoměr, elektroměr, atd.
- v geodézii pouze měřické pásmo
- podléhají ověření

Nestanovená měřidla

- všechna ostatní měřidla
- podléhají kalibraci

ROZDÍL MEZI OVĚŘENÍM A KALIBRACÍ

- ⊗ doba platnosti ověření měřidla je stanovena ve vyhlášce MPO 262/2000 Sb., v platném znění
- doba platnosti kalibrace je stanovena v metrologickém řádu organizace
- ⊗ ověření provádí autorizované metrologické středisko
- kalibraci provádí kalibrační laboratoř

METROLOGICKÝ ŘÁD

- ⊗ dokument organizace stanovující zacházení s měřidly
- ⊗ stanovuje rekaliбраční lhůty pro nestanovená měřidla, případně i stanovená jestliže doba je kratší než vyhláškou vyžadovaná
- ⊗ každá organizace by měla mít vlastní metrologický řád
- ⊗ lhůta rekaliбраce musí být stanovena s ohledem na četnost používání měřidla, význam používání měřidla v organizaci, citlivost přístroje na vznik možných závad ovlivňujících jeho měřicí schopnost
- ⊗ v resortu ČÚZK lze využívat jím vydaný metrologický řád, http://cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Resortni-predpisy-a-opatreni/09155822_Metrologicky_rad_ve_zneni_110163022.aspx
- ⊗ za tvorbu a dodržování by měl zodpovídat metrolog
- ⊗ s metrologickým řádem by měl být seznámen každý uživatel měřidla
- ⊗ upravuje práva a povinnosti uživatele měřidla a metrologa, případně dalších osob

VYNATEK Z METROLOGICKÉHO ŘÁDU ČÚZK - LHŮTY REKALIBRACE

- ⊗ Komplex GNSS - 3 roky
- ⊗ Totální stanice - 3 roky
- ⊗ Nivelační přístroje - 3 roky
- ⊗ Nivelační latě - 2 roky
- ⊗ Kapesní dálkoměry - 3 roky

zajištění správné funkce měřidel v období mezi jednotlivými kalibracemi, vyhotovenými akreditovanou kalibrační laboratorí, může být provedeno prostřednictvím etalonů nižších řádů

SANKCE V OBLASTI METROLOGIE

ÚNMZ na základě zákona o metrologii může uložit pokutu až do výše 1 000 000 Kč subjektu, který:

- ⊗ použil stanovené měřidlo bez platného ověření k účelu, pro který byl předmětný druh měřidla vyhlášen jako stanovený,
- ⊗ neoprávněně použil, pozměnil nebo poškodil úřední nebo kalibrační značku měřidla,
- ⊗ ověřil stanovené měřidlo nebo provedl úřední měření bez oprávnění nebo opravil nebo provedl montáž měřidla bez registrace předepsané tímto zákonem,
- ⊗ neposkytl zaměstnancům Českého metrologického institutu zákonem stanovenou součinnost,
- ⊗ nevede evidenci používaných stanovených měřidel podléhajících novému ověření s datem posledního ověření a nepředkládá tato měřidla k ověření,
- ⊗ nezajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření a neplní povinnost vytvořit metrologické předpoklady pro ochranu zdraví zaměstnanců, bezpečnosti práce a životního prostředí přiměřeně ke své činnosti

ORGANIZAČNÍ STRUKTURA RESORTU ČÚZK



ZÁKONA Č. 200/1994 SB.

§ 3

(1) Zeměměřickými činnostmi jsou činnosti při budování, obnově a údržbě bodových polí, podrobné měření hranic územně-správních celků a nemovitostí a dalších předmětů obsahu kartografických děl, vyhotovování geometrických plánů a vytyčování hranic pozemků,¹⁾ vyměřování státních hranic, tvorba, obnova a vydávání kartografických děl, standardizace geografického názvosloví, určení prostorových vztahů metodami inženýrské geodézie a dálkového průzkumu Země, vedení dat v informačních systémech zeměměřictví včetně dokumentace a archivace výsledků zeměměřických činností.

(3) Zeměměřické činnosti jsou oprávněny vykonávat pouze odborně způsobilé osoby.

ZÁKONA Č. 200/1994 SB.

§ 4 Zeměměřické činnosti ve veřejném zájmu

- (1) Zeměměřickými činnostmi ve veřejném zájmu jsou
- budování, obnova a údržba bodových polí,
 - vyhotovení nového souboru geodetických informací katastru nemovitostí,¹⁾
 - vyhotovení geometrického plánu a dokumentace o vytyčení hranice pozemku,¹⁾
 - plnění úkolů pro potřeby obrany státu včetně k tomu nezbytné mezinárodní spolupráce a vědecko-technického rozvoje,
 - tvorba a vedení databáze,
 - tvorba, obnova a vydávání základních a tematických státních mapových děl,
 - vyhotovení zeměměřických podkladů a dokumentace pro výkon státní správy,²⁾
 - vyměřování státních hranic,⁴⁾
 - standardizace jmen nesídelních geografických objektů z území České republiky a jmen sídelních a nesídelních geografických objektů z území mimo Českou republiku,
 - vedení informačních systémů v zeměměřictví,
 - dokumentace a archivace výsledků zeměměřických činností,
 - založení a vedení technických map obcí³⁾.

22

ZÁKONA Č. 200/1994 SB.

§ 13 Rozsah úředního oprávnění

- (1) Úřední oprávnění se uděluje pro ověřování a) geometrického plánu, kopie geometrického plánu, upřesněného přidělového plánu, nového souboru geodetických informací katastru nemovitostí a dokumentace o vytyčení hranice pozemku,
- b) dokumentace o zřízení, obnovení nebo přemístění bodu podrobného polohového bodového pole a o zaměření předmětů měření, které jsou obsahem základních státních mapových děl, pro potřeby orgánů zeměměřictví a katastru,
- c) geodetického podkladu pro výstavbu, dokumentace o vytyčovací síti, dokumentace o vytyčení prostorové polohy, rozměru a tvaru stavby pro účely výstavby¹⁰⁾ a o dohledu na dodržování její prostorové polohy a geodetické části dokumentace skutečného provedení stavby,¹⁰⁾ která obsahuje geometrické, polohové a výškové určení dokončené stavby nebo technologického zařízení,
- d) dokumentace o zřízení, obnovení nebo přemístění bodu podrobného polohového bodového pole a o zaměření a šetření předmětů měření, které jsou obsahem státních mapových děl, pro potřeby obrany státu.
- (2) Úřední oprávnění může být uděleno též samostatně pro ověřování výsledků uvedených v odstavci 1.

23

ZÁKONA Č. 200/1994 SB.

§ 14 Udělení úředního oprávnění

- (1) Úřední oprávnění podle § 13 odst. 1 písm. a) až c) uděluje Úřad. Úřední oprávnění podle § 13 odst. 1 písm. d) uděluje Ministerstvo obrany.
- (2) Úřední oprávnění se udělí fyzické osobě na podkladě její písemné žádosti, jestliže a) je plně způsobilá k právním úkonům a bezúhonná,
- b) má ukončené vysokoškolské vzdělání zeměměřického směru alespoň magisterského studijního programu^{11a)} a poté vykonala v České republice nejméně 5 let odborné praxe v zeměměřických činnostech, pro které žádá o udělení úředního oprávnění, a
- c) úspěšně složila zkoušku odborné způsobilosti (dále jen "zkouška").

24

ZÁKONA Č. 200/1994 SB.

§ 17a

(1) Přestupku na úseku zeměměřictví se dopustí ten, kdo a) neoprávněně znemožňuje nebo ztěžuje výkon zeměměřických činností, které mají být využívány pro katastr nemovitostí České republiky nebo základní státní mapové dílo, kontrolu zeměměřických činností nebo dohled na ověřování jejich výsledků,

b) zničí, poškodí nebo neoprávněně přemístí značku nebo neoznámí změnu a zjištěnou závadu v geodetických údajích:

1. bodů geodetických základů,

2. zhušťovacích bodů a bodů podrobného bodového pole,

c) poruší povinnosti stanovené pro chráněné území bodu geodetických základů,

d) neoprávněně využívá nebo rozšiřuje výsledky zeměměřických činností,

e) vykoná zeměměřickou činnost, aniž je k tomu odborně způsobilý.

(2) Za přestupek může Zeměměřický úřad^{12a)} nebo inspektorát^{12b)} a při výkonu zeměměřických činností pro potřeby obrany státu a v objektech se zvláštním režimem Ministerstvo obrany uložit pokutu až do výše 25 000 Kč.

25
