Polygonové pořady

Polygonový pořad je lomená čára, která tvoří liniovou síť bodů. Je určen jednotlivými délkami a vrcholovými (levostrannými) úhly.
Polygonové pořady se dělí podle délek stran na:
- polygonové pořady s dlouhými stranami (300m < s < 1500m),
- polygonové pořady s krátkými stranami (60m <s < 300m).

Podle způsobu připojení na polygonové pořady:
- hlavní – polohově a směrově se připojují na body základního bodového pole,
- vedlejší – polohově a směrově se připojují na body hlavních polygonových pořadů.

Metoda polygonových pořadů je jednou z nejdůležitější z metod určení souřadnic bodů podrobného bodového pole. Polygonové pořady obecně začínají a končí na bodech, jejichž souřadnice jsou známy. V polygonových pořadech se měří **levostranné úhly** a **délky**. Obecně je úkolem určit souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu.

Pro jednotlivé třídy přesnosti jsou stanoveny tzv. geometrické parametry:
a) mezní délka strany,
b) mezní poměr délek sousedních stran,
c) mezní poměr délek stran v pořadu (Mezní poměr délek sousedních stran je **1:3**),
d) maximální vybočení pořadu,
e) maximální odklon strany od spojnice s_{PK},
f) maximální počet vrcholů,
g) maximální součet délek stran pořadu.

Pro jednotlivé třídy přesnosti jsou stanovena kritéria přesnosti, způsobu připojení a základních středních chyb měřených veličin (úhlů a délek). Těmito kritérii jsou:
h) mezní odchylka úhlového uzávěru,
i) mezní odchylka polohového uzávěru,
j) základní střední chyba měřených úhlů,
k) základní střední chyba měřených délek stran,
l) mezní rozdíl dvojího měření délky strany.

Polygonové pořady se používají k určování souřadnic bodů podrobného polohového bodového pole.

Geometrické parametry a kriteria přesnosti polygonových pořadů

Připojovací body	**Mezní délka strany [m]**	**Mezní délka pořadu s [m]**	**Mezní odch. v uzávěru pořadu**	
			Úhlova [mgon]	Polohová [m]
ZPBP, ZhB	200-1500	5000	$25(n+2)^{1/2}$	$0.0025(\Sigma s)^{1/2}+0.04$
ZPBP, ZhB	50-400	3000	$100(n+3)^{1/2}$	$0.005(\Sigma s)^{1/2}+0.04$
PPBP, ZPBP, ZhB	50-400	1500	$100(n+3)^{1/2}$	$0.005(\Sigma s)^{1/2}+0.10$

Poznámka
n - počet bodů pořadu včetně bodů připojovacích
Σs - součet délek stran pořadu

Hlavní typy polygonových pořadů

- oboustranně orientovaný a připojený
    - dáno: souřadnice počátečního a koncového bodu a dále souřadnice bodů orientace
    - měřeno: délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu a dále směry na body orientace z počátečního a koncového bodu polygonového pořadu
    - určujeme: souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu

- oboustranně připojený a jednostranně orientovaný
    - dáno: souřadnice počátečního a koncového bodu a dále souřadnice bodů orientace
    - měřeno: délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu a dále směry na body orientace pouze z počátečního nebo pouze z koncového bodu polygonového pořadu
    - určujeme: souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu

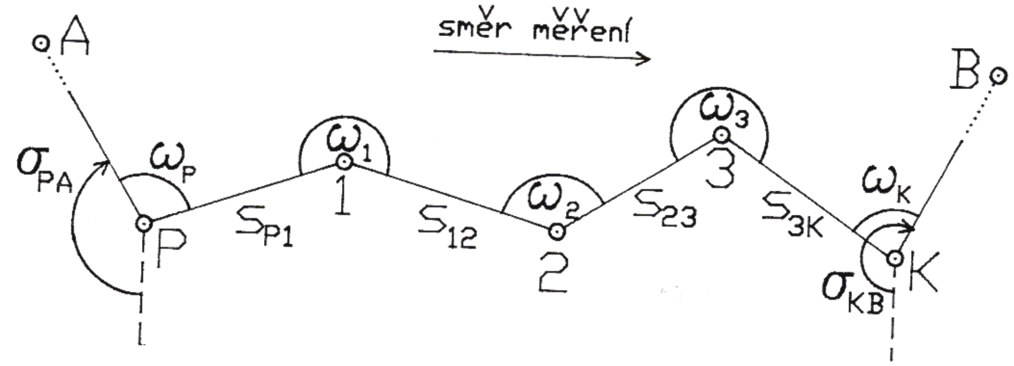
- oboustranně připojený bez orientace (vetknutý)
    - dáno: souřadnice počátečního a koncového bodu
    - měřeno: délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu
    - určujeme: souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu

- jednostranně připojený a orientovaný (volný)
    - dáno: souřadnice počátečního bodu a dále souřadnice bodů orientace
    - měřeno: délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu a dále směry na body orientace z počátečního bodu polygonového pořadu
    - určujeme: souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu a souřadnice koncového bodu

Zvláštní typ polygonového pořadu

- uzavřený polygonový pořad
    - dáno: souřadnice počátečního bodu, který je současně i bodem koncovým a dále souřadnice bodů orientace
    - měřeno: délky a levostranné úhly mezi body uvnitř polygonového pořadu a dále směry na body orientace z počátečního (koncového) bodu polygonového pořadu
    - určujeme: souřadnice bodů uvnitř polygonového pořadu

Označování veličin

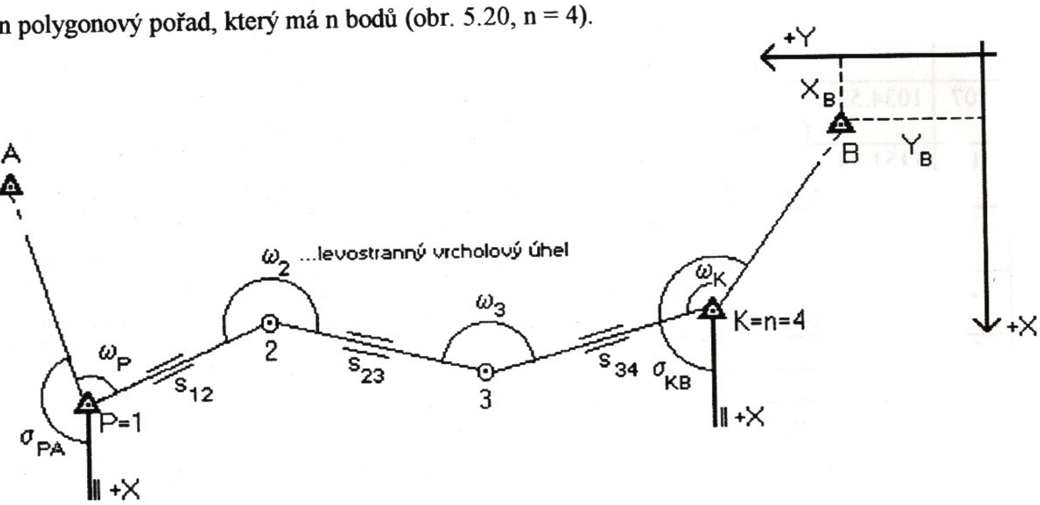


A, B – body orientace
P, K – počáteční a koncový bod polyg. pořadu
1, 2, 3 – body polyg. pořadu, které určujeme
s – měřené délky
ω - měřené levostranné úhly

Oboustranně připojený a oboustranně orientovaný polygonový pořad

Řešení a situace je následující:

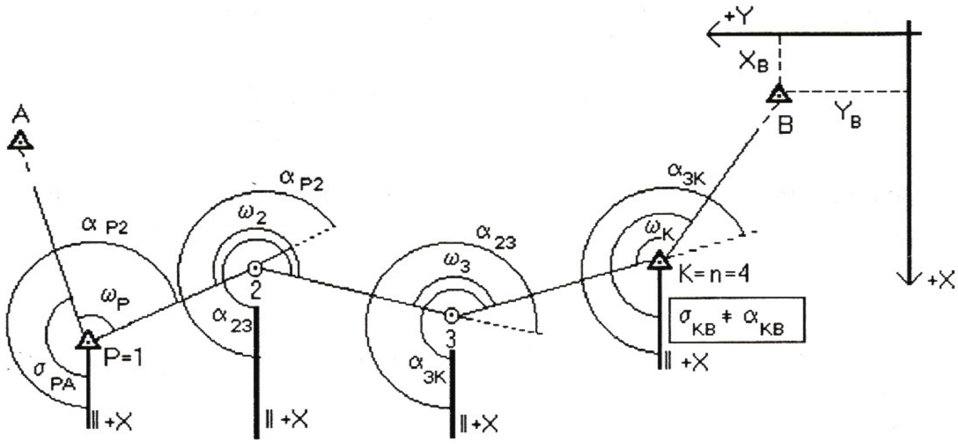
Je dán polygonový pořad, který má n bodů (obr. 5.20, n = 4).



obr. 5.20

Polygonovým pořadem je určeno (n-2) nových bodů, pořad má (n-1) stran, (n-2) levostranných vodorovných úhlů a dva připojovací úhly ω_P, ω_K. Polygonový pořad je oboustranně připojený, neboť souřadnice počátečního bodu P = 1 a koncového bodu K = n jsou známé (dané body) $\overset{\text{např.}}{\equiv}$ S-JTSK. Dále je polygonový pořad oboustranně orientovaný - na bodě P, K se měří připojovací vrcholové úhly ω_P, ω_K na dané okolní geodetické body. Počet neznámých parametrů (souřadnic) je (2n - 4). Počet všech měřených geometrických parametrů polygonového pořadu je (2n - 1). **Počet n a d b y t e č n ý ch měření** (stupňů volnosti) je (2n - 1) - (2n - 4) = **3**, nezávisí na počtu bodů polygonového pořadu. Vlastní výpočet polygonového pořadu je jednoduchý. Skládá se z postupného výpočtu na sebe navazujících rajonů. Problém řešení polygonového pořadu, tj. výpočtu souřadnic, je ve způsobu eliminace vzniklých odchylek - úhlové odchylky O_ω a souřadnicových odchylek O_X , O_Y, které jsou důsledkem nadbytečného počtu měření. Dále je uvedeno přibližné řešení, které je jednoduší než řešení exaktní[2].

i) Úhlové vyrovnání (obr. 5.21)



obr. 5.21

$$\alpha^0_{P2} = \sigma_{PA} + \omega^m_P, \text{kde } \sigma_{PA} = \operatorname{arctg}\frac{Y_A - Y_P}{X_A - X_P},$$

$$\alpha^0_{23} = \alpha^0_{P2} + \omega^m_2 - 200^g = \sigma_{PA} + (\omega^m_P + \omega^m_2) - 200^g,$$

$$\downarrow$$

$$0^g \le \alpha^0_{KB} = \sigma_{PA} + (\omega^m_P + \omega^m_2 + \ldots + \omega^m_K) - (n-1)200^g < 400^g.$$

Přibližné směrníky $\alpha^0_{i,i+1}$ jednotlivých polygonových stran při vlastním výpočtu polygonového pořadu nepočítáme. Počítá se rovnou směrník α^0_{KB}. Vlivem náhodných měřických chyb, které jsou nedílnou součástí měřického procesu a polohové přesnosti daných ("pevných") bodů, je

$$\sigma_{KB} \neq \alpha^0_{KB},$$

kde $\sigma_{KB} = \operatorname{arctg}\dfrac{Y_B - Y_K}{X_B - X_K}$.

Úhlová odchylka

$$O_\omega = \sigma_{KB} - \alpha^0_{KB}, \text{ (" má býti - je ").}$$

Úhlovou odchylku O_ω porovnáme s mezní odchylkou Δ_ω (je dána platnými směrnicemi) a pokud je splněna relace $|O_\omega| \le \Delta_\omega$, rozdělíme úhlovou odchylku rovnoměrně na všechny měřené vrcholové úhly (vhodně zaokrouhlíme).
Vyrovnaný úhel je

$$\omega_i = \omega^m_i + v, \text{ kde } v = \frac{O_\omega}{n}, i = P = 1, 2, \ldots, K = n; \text{ kde n je počet vrchlových úhlů.}$$

---

2 **Rozumí se tím řešení ve smyslu metody nejmenších čtverců (MNČ), které se používá např. pro určení souřadnic PBPP (Pevné Body Podrobného bodového Pole) první třídy přesnosti .**

Z opravených vrcholových úhlů vypočteme vyrovnané směrníky $\alpha_{i,i+1}$ jednotlivých polygonových stran s kontrolou $\sigma_{KB} = \alpha_{KB}$.

ii) Souřadnicové vyrovnání

Vypočteme přibližné souřadnice koncového bodu $(X^*, Y^*)_K$ polygonového pořadu

$$X_K \neq X_K^* = X_P + \sum_{i=1=P}^{n-1} \Delta X_{i,i+1}^*,\ Y_K \neq Y_K^* = Y_P + \sum_{i=1=P}^{n-1} \Delta Y_{i,i+1}^*.$$

Přibližné souřadnicové rozdíly $(\Delta X^*, \Delta Y^*)$ mezi sousedními body polygonového pořadu vypočteme podle známých vzorců

$$P \Rightarrow R:\ \Delta X_{i,i+1}^* = X_{i+1}^* - X_i^* = (s\ \cos\alpha)_{i,i+1}$$

$$\Delta Y_{i,i+1}^* = Y_{i+1}^* - Y_i^* = (s\ \sin\alpha)_{i,i+1}.$$

Nyní lze spočítat souřadnicové odchylky (uzávěry) O_X , O_Y a polohovou odchylku O_P

$$O_X = X_K - X_K^* = (X_K - X_P) - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta X_{i,i+1}^*,$$

$$O_Y = Y_K - Y_K^* = (Y_K - Y_P) - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Y_{i,i+1}^*,$$

$$O_P = \sqrt{O_X^2 + O_Y^2}.$$

Polohovou odchylku O_P porovnáme s mezní odchylkou Δ_P a pokud je splněna relace $(O_P \leq \Delta_P)$, rozdělíme odchylky O_X , O_Y **úměrně absolutním hodnotám** souřadnicových rozdílů.

$$\lambda_x = \frac{O_X}{\sum_{i=1}^{n-1} \left|\Delta X_{i,i+1}^*\right|},\ \lambda_y = \frac{O_Y}{\sum_{i=1}^{n-1} \left|\Delta Y_{i,i+1}^*\right|}.$$

Výsledné souřadnice bodů polygonového pořadu jsou

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i,i+1}^* + \lambda_x \left|\Delta X_{i,i+1}^*\right|,\ Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i,i+1}^* + \lambda_y \left|\Delta Y_{i,i+1}^*\right|,$$

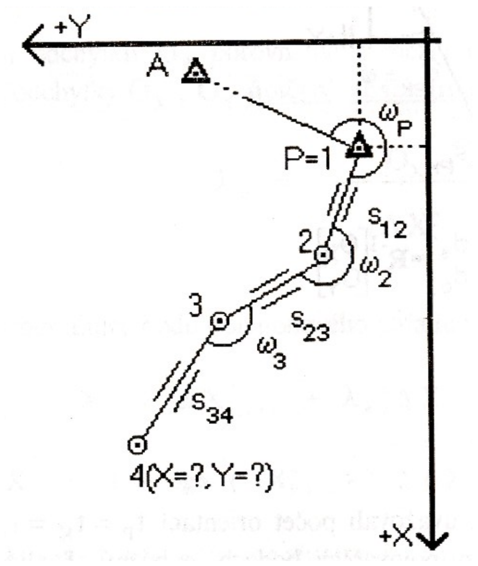
$$X_{i+1} - X_i = (1 + \mathrm{sgn}\ (\Delta X_{i,i+1}^*)\ \lambda_x)\ \Delta X_{i,i+1}^*,\ Y_{i+1} - Y_i = (1 + \mathrm{sgn}\ (\Delta Y_{i,i+1}^*)\ \lambda_y)\ \Delta Y_{i,i+1}^*,$$

pro i=P=1,...,n - 1, sgn je funkce *signum*.

Vypočtené souřadnice koncového bodu K polygonového pořadu musí být rovné daným.

Volný polygonový pořad

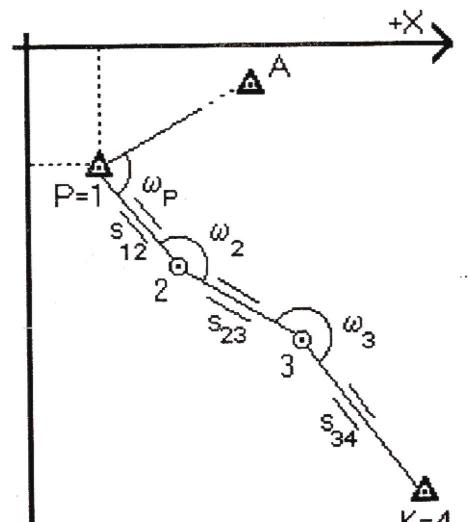
Řešení volného polygonového pořadu – po výpočtu směrníku σ_{PA} ze souřadnic daných bodů P, A se vypočte směrník α_{P2} první polygonové strany. Směrník další polygonové strany je: $\alpha_{23} = \alpha_{P2} + \omega_2 - 200^g$, atd. Známe-li jednotlivé směrníky aplikujeme postupně rajón. Odpadá úhlové a souřadnicové vyrovnání – není znám koncový bod K (Y, X).



Volný polygonový pořad

Jednostranně orientovaný a oboustranně připojený polygonový pořad

Při řešení odpadá úhlové vyrovnání (na koncovém bodě není polygonový pořad směrově připojen). Směrníky jednotlivých polygonových stran vypočteme stejně jako v případě volného polygonového pořadu. Rozdělení souřadnicových odchylek je stejné jako při řešení oboustranně připojeného a oboustranně orientovaného polygonového pořadu viz výše.



Jednostranně orientovaný a oboustranně připojený polygonový pořad

Vetknutý polygonový pořad

Od oboustranně orientovaného a připojeného polygonového pořadu se liší tím, že na daných bodech P, K nelze provést orientaci, tj. zaměřit připojovací úhly ω_P a ω_K. Řeší se aplikací lineární podobnostní transformace.