

Vyrovňání metodou nejmenších čtverců

Lubomír Soukup

soukup@utia.cas.cz

26. 2. 2018

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \varepsilon_l = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \varepsilon_l = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_l}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\text{}} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{error}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\text{residual}} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\text{}} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \varepsilon_l) = \mathbf{c}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\text{}} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \varepsilon_l) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \mathbf{v} \doteq \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{l}) =: \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\text{}} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\mathbf{v}}_{\text{}} \doteq \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{l}) =: \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} \doteq \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{l}) =: \mathbf{u}$$

$$\alpha(\mathbf{v}) := \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\widehat{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \tilde{l}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(l) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \underbrace{\varepsilon_l}_{\text{}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \widehat{\mathbf{v}} \doteq \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{l}) =: \mathbf{u}$$

$$\alpha(\mathbf{v}) := \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}$$

$$\alpha(\hat{\mathbf{v}}) = \min_{\substack{\mathbf{v} \in \mathbb{R}^m \\ \mathbf{B} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{u}}} \alpha(\mathbf{v})$$

Řešení zprostředkujících a podmínkových měření

Zprostředkující měření

$$\hat{\mathbf{h}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{k},$$

$$\hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{x}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1},$$

Podmínková měření

$$\hat{\mathbf{v}} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T (\mathbf{B} \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T)^{-1} \mathbf{u}$$

$$\hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{L}} = \mathbf{P}^{-1} - \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T (\mathbf{B} \mathbf{P}^{-1} \mathbf{B}^T)^{-1} \mathbf{B} \mathbf{P}^{-1}$$

Vyrovnaní podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

Podmínková s neznámými

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

Podmínková s neznámými

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} := \mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} := \mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{- \lambda}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{- \lambda}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\lambda}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

$$\underbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\lambda}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}$$

$$\underbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\lambda}$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}$$

$$\underbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\mathbf{u}}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\ell}}$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\lambda}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_L \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\ell}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\ell}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}$$

$$\underbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \quad \underbrace{-\mathbf{u}}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$l = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{l} + \varepsilon_l = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_l}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{l}}_{-\lambda}$$

$$\underbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{-\lambda}_{-\lambda}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_L \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(l) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{l} + \varepsilon_l) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \varepsilon_l}_{\mathbf{w}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{l})}_{-\mathbf{u}}$$

$$\underbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}_{\mathbf{w}(\mathbf{h})} := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{-\mathbf{u}}_{-\mathbf{u}}$$

$$\alpha(\mathbf{h}) := (\mathbf{w}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_T \cdot \mathbf{w}(\mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_\ell}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}}_{-\lambda}$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_L \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathcal{B} \cdot \varepsilon_\ell}_{\mathbf{w}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}_{-\mathbf{u}}$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

$$\alpha(\mathbf{h}) := (\mathbf{w}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_T \cdot \mathbf{w}(\mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

$$\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\tilde{\ell} + \varepsilon_\ell = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\varepsilon_\ell}_{\mathbf{v}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}}_{-\lambda}$$

$$\mathbf{v}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \lambda$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{v}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_L \cdot \mathbf{v}(\mathbf{h})$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \omega(\mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

$$\mathbf{t} = \mathcal{B}(\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x})$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_\ell) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathcal{B} \cdot \varepsilon_\ell}_{\mathbf{w}(\mathbf{h})} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \underbrace{\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}_{-\mathbf{u}}$$

$$\mathbf{w}(\mathbf{h}) := \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u}$$

$$\alpha(\mathbf{h}) := (\mathbf{w}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P}_T \cdot \mathbf{w}(\mathbf{h})$$

$$\alpha(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\mathbf{h} \in \mathbb{R}^n} \alpha(\mathbf{h})$$