Vyrovnání 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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

Podmínková měření

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

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

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

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

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

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

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}}) =: \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \varepsilon_{\mathbf{L}} = \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\ell}) =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B} \cdot \mathbf{v} \doteq \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B}\cdot\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} = \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\ell}) =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B}\cdot\mathbf{v} \doteq \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\varepsilon_{\mathbf{L}}} = \mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\ell}) =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B} \cdot \overbrace{\mathbf{v}} \doteq \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B}\cdot\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} = \underbrace{\mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\ell})} =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B}\cdot\overbrace{\mathbf{v}} \doteq \mathbf{u}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} = \underbrace{\mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B} \cdot \overbrace{\mathbf{v}} \doteq \overbrace{\mathbf{u}}$$

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková měření

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \varepsilon_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\varepsilon_{\mathbf{L}}} = \underbrace{\mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\ell})} =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B} \cdot \overbrace{\mathbf{v}} \doteq \overbrace{\mathbf{u}}$$

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

Přehled vyrovnání zprostř. a podmínkových měření

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

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

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

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

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

Podmínková měření

$$\mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) = \mathbf{c}$$

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathbf{c}$$

$$\mathbf{B} \cdot \underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} = \underbrace{\mathbf{c} - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} =: \mathbf{u}$$

$$\mathbf{B} \cdot \overbrace{\mathbf{v}} \doteq \overbrace{\mathbf{u}}$$

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

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

Řešení zprostředkujících a podmínkových měření

Zprostředkující měření **Podmínková měření**

Vyrovnané hodnoty:

$$\hat{\mathbf{h}} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P}\cdot\lambda\,,\qquad \hat{\mathbf{v}} = \mathbf{P}^{-1}\mathbf{B}^T\left(\mathbf{B}\mathbf{P}^{-1}\mathbf{B}^T\right)^{-1}\mathbf{u}$$

Kovarianční matice:

$$\hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{X}} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P}\mathbf{A}\right)^{-1}\,,\qquad \hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{L}} = \mathbf{P}^{-1} - \mathbf{P}^{-1}\mathbf{B}^T\left(\mathbf{B}\mathbf{P}^{-1}\mathbf{B}^T\right)^{-1}\mathbf{B}\mathbf{P}^{-1}$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření **Podmínková s neznámými**

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

Podmínková s neznámými

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

Podmínková s neznámými

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

Podmínková s neznámými

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

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

Podmínková s neznámými

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}$$

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}$$

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková s neznámými

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

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

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

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

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

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

Podmínková s neznámými

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

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

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

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\overbrace{\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A}\cdot\mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B}\cdot\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A}\cdot\mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})}$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}}$$

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\,\underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B}\cdot\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\,\underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})}$$

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}}_{\overbrace{\mathbf{v}(\mathbf{h})}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\ell}}_{\overbrace{-\lambda}}$$

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

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\ell} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\ell})}$$

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

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

$$\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}} = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \tilde{\boldsymbol{\ell}}}$$

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

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

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

Podmínková s neznámými

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

$$\mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) = \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h})$$

$$\underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \doteq \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})}$$

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

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

Vyrovnání podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření

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

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

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

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

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

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

Podmínková s neznámými

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

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

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

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

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

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

Řešení zprostředkujících měření a podmínkových měření s neznámými

Zprostředkující měření **Podmínková s neznámými**

Vyrovnané hodnoty:

$$\hat{\mathbf{h}} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P_L}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P_L}\cdot\lambda\,, \qquad \hat{\mathbf{h}} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\cdot\mathbf{u}$$

$$\mathbf{P_L} := \mathbf{C_L}^{-1}\,, \qquad \mathbf{P_T} := \left(\mathbf{B}\cdot\mathbf{C_L}\cdot\mathbf{B}^T\right)^{-1}\,.$$

Kovarianční matice:

$$\hat{\mathbf{C}}_\mathbf{X} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P_L}\mathbf{A}\right)^{-1}\,, \qquad \hat{\mathbf{C}}_\mathbf{X} = \left(\mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\mathbf{A}\right)^{-1}$$

Porovnání řešení zprostředkujících měření a podmínkových měření s neznámými

Řešení podmínkových měření s neznámými

je vpodstatě stejné jako řešení zprostředkujících měření.

Rozdíl je pouze ve stanovení váhové matice ($\mathbf{P_L}$, $\mathbf{P_T}$).

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

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

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

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

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

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

$\mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\ell) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \theta$$

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

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}}) \doteq \mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

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

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

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

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

$$\mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \theta$$

$$\mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \theta$$

$$\mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \theta - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)$$

$$\mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \vartheta$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} - \mathbf{u} =: \mathbf{w}(\mathbf{h}) \, , \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\vartheta}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

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

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L})$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}$$

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

$$\mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)$$

$$\mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\vartheta}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \overbrace{-\mathbf{u}} =: \mathbf{w}(\mathbf{h}) \ , \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\vartheta}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^{\circ} + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^{\circ}) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^{\circ})$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \overbrace{-\mathbf{u}} =: \overbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}\,, \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\vartheta}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad\qquad \mathcal{G}\cdot\mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}) \qquad\qquad \mathcal{G}\cdot\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B}\cdot\boldsymbol{\varepsilon}_{\mathbf{L}}} \qquad\qquad \mathbf{G}\cdot\mathbf{h} \doteq \underbrace{\boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)}$$

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\ \overbrace{-\mathbf{u}} =: \overbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}\ , \qquad\qquad \mathbf{G}\cdot\mathbf{h} \doteq \boldsymbol{\vartheta}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \underbrace{\boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \overbrace{-\mathbf{u}} =: \overbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}\,, \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \overbrace{\boldsymbol{\vartheta}}$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G} \cdot \mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}} \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \underbrace{\boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)}$$

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{h} \overbrace{-\mathbf{u}} =: \overbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}\ , \qquad \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} \doteq \overbrace{\boldsymbol{\vartheta}}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{w}(\mathbf{h}))^T \cdot \mathbf{P_T} \cdot \mathbf{w}(\mathbf{h})\ , \quad \mathbf{P_T} := \left(\mathbf{B} \cdot \mathbf{C_L} \cdot \mathbf{B}^T\right)^{-1}\ ,$$

Vyrovnání zprostř. měření s podmínkami pro neznámé

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}) = \mathcal{B}(\boldsymbol{\ell}) =: \mathbf{t} \qquad \mathcal{G}\cdot\mathbf{x} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h}) = \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}) \qquad \mathcal{G}\cdot\mathbf{x}^\circ + \mathbf{h} = \boldsymbol{\theta}$$

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\underbrace{+\mathcal{A}(\mathbf{x}^\circ) - \mathcal{B}(\tilde{\boldsymbol{\ell}})} \doteq \underbrace{\mathbf{B}\cdot\boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{L}} \qquad \mathbf{G}\cdot\mathbf{h} \doteq \underbrace{\boldsymbol{\theta} - \mathcal{G}(\mathbf{x}^\circ)}$$

$$\mathbf{A}\cdot\mathbf{h}\ \overbrace{-\mathbf{u}} =: \overbrace{\mathbf{w}(\mathbf{h})}\ , \qquad \mathbf{G}\cdot\mathbf{h} \doteq \overbrace{\boldsymbol{\vartheta}}$$

$$\omega(\mathbf{h}) := (\mathbf{w}(\mathbf{h}))^T\cdot\mathbf{P_T}\cdot\mathbf{w}(\mathbf{h})\ , \quad \mathbf{P_T} := \left(\mathbf{B}\cdot\mathbf{C_L}\cdot\mathbf{B}^T\right)^{-1}\ ,$$

$$\omega(\hat{\mathbf{h}}) = \min_{\substack{\mathbf{h}\in\mathbb{R}^n \\ \mathbf{G}\cdot\mathbf{h} = \boldsymbol{\vartheta}}} \omega(\mathbf{h})$$

Vyrovnání volné sítě

Normální rovnice:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\mathbf{A} & , & \mathbf{G}^T \\ \mathbf{G} & , & \mathbf{O} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{h} \\ \mathbf{k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^T\mathbf{P_T} \cdot \mathbf{u} \\ \vartheta \end{bmatrix} ,$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\mathbf{A} & , & \mathbf{G}^T \\ \mathbf{G} & , & \mathbf{O} \end{bmatrix}^{-1} =: \begin{bmatrix} \mathbf{M}_{1,1} & , & \mathbf{M}_{1,2} \\ \mathbf{M}_{2,1} & , & \mathbf{M}_{2,2} \end{bmatrix}$$

Vyrovnané hodnoty:

$$\hat{\mathbf{h}} = \mathbf{M}_{1,1} \cdot \mathbf{A}^T\mathbf{P_T} \cdot \mathbf{u} + \mathbf{M}_{1,2} \cdot \vartheta$$

Kovarianční matice:

$$\hat{\mathbf{C}}_\mathbf{X} = \mathbf{M}_{1,1} \cdot \mathbf{A}^T\mathbf{P_T}\mathbf{A} \cdot \mathbf{M}_{1,1}$$