

# PROBLÉMY PRIPOJOVACÍCH MERANÍ A NÁVRHY ICH RIEŠENIA

Ing. Michaela Korbašová<sup>1</sup>

## **Abstrakt:**

*V geodézii prichádzame do styku s pripojovacími meraniami v rôznych formách takmer neustále. Predložená problematika, s ktorou sa v článku zaoberáme, je aktuálna nielen u nás, ale rovnako aj v ostatných krajinách. Predstavujeme matematický model geodetického merania v dvoch etapách, pri ktorom riešime problém ako na vybranej funkcii parametrov druhej etapy minimalizovať vplyv neistôt parametrov prvej etapy. Nakoľko ide o spracovanie (optimalizáciu) už realizovaného merania, ktorého samotnú realizáciu už nevieme ovplyvniť, na rozdiel od klasických typov optimalizácii (Kubáčková, 1990), hlavný problém, ktorý je potrebné riešiť, súvisí s existenciou nezanedbateľných chýb pri odhadovaní parametrov pripojovacej siete. V takomto prípade však neexistujú združené efektívne odhady parametrov pripojovanej siete, čo vedie k nutnosti zaviesť nový typ optimality odhadu (H-optimálny odhad), ktorý nie je totožný s optimalitou danou metódou najmenších štvorcov (MNS odhad). Nové poznatky v matematickej štatistike (vytvorenie nového typu optimality, tzv. H-optimalita) vytvorili priestor na skúmanie geodetických meraní z nového pohľadu. Odporúčenie, ktorý z uvedených postupov je výhodnejší, prijímame na základe porovnania skutočných odchýlok medzi parametrami odhadnutými MNS a H-optimálnym odhadom a doplnením matematickej interpretácie o geodetickú.*

## **Abstract:**

*With connecting measurements we come into contact in geodesy in various forms almost continually. Presented problem we are dealing with in this paper is actual not only in our country but equally also in other countries. We introduce a mathematical model of geodetic measurement in two stages, by which we solve how to minimize the influence of parameter uncertainties of the first stage on the selected function of parameters of the second stage. Because it is about the processing (optimization) of realised measurement, which realisation we can't influence anymore, in comparison with classic type of optimization (Kubáčková, 1990), the main problem, which has to be solved is concerning with existence of non-neglected errors by parameter estimation of connecting network. But in such case there are no jointly effective estimates of parameters of connected network and therefore it is necessary to load a new type of estimate optimization H-optimal estimate, which is not identical with given optimization of least square method (LSM estimate). New knowledge in mathematical statistics (creation of new type of optimization, so called H-optimality) created a space for investigation of geodetic measurements from the new point of view. Recommendation, which of these two processes is preferable, we admit on a base of variations between estimated parameters of LSM and H-optimal estimate and of complementation of mathematical interpretation with geodetic one.*

---

<sup>1</sup> Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava,

# 1 ÚVOD

Súčasný trend rozvoja meracej techniky v geodézii a jej neustále zdokonaľovanie si vyžaduje tvorbu stále dokonalejších matematických modelov na spracovanie meraných údajov. Pritom je veľmi dôležité, aby bol použitý matematický model navrhnutý s čo najlepším stupňom aproximácie modelovanej skutočnosti, čo prispieva k správnej interpretácii spracovaných výsledkov merania. Výsledkom spracovania geodetických meraní z hľadiska teórie odhadov je vyčíslenie hodnôt parametrov, ktoré charakterizujú meraný objekt a určenie ich základných štatistických vlastností. Exaktný deterministický a stochastický model merania by mal zohľadniť nielen všetky rušivé vplyvy pôsobiace pri meraní, ale aj logicky nadviazať na predchádzajúce merania, resp. výsledky ich spracovania.

S pripojovacími meraniami prichádzame v geodetickej praxi do styku takmer na každom kroku. Typickým príkladom sú lokálne geodetické siete vyššej presnosti, ktoré sa budujú podľa potreby pre určitú záujmovú oblasť a tvoria podklad pre všetky náročné stavebné objekty ako napríklad atómové elektrárne, vodné diela, mostné objekty a podobne. Parametre takýchto sietí sa síce odhadujú v samostatnom homogénnom bloku v lokálnom súradnicovom systéme, ale v konečnom dôsledku pre zhotovenie dokumentácie skutočného vyhotovenia diela a mapovanie sa pripájajú na Štátnu trigonometrickú sieť (ŠTS). Iná je situácia, ak nám nepostačuje hustota existujúceho bodového poľa a je potrebné sieť zhusťovať meraním v ďalších etapách. V takomto prípade by išlo o pripojenie siete v ďalšej etape (tzv. pripojovaná sieť) na existujúcu sieť bodov (tzv. pripojovacia sieť). Vo všeobecnosti sa pri riešení takýchto alebo obdobných úloh vychádza z predpokladu, že súradnice bodov existujúcej siete sú určené s určitou neistotou, s ktorou je potrebné v ďalšom výpočte uvažovať, nakoľko tieto ovplyvňujú súradnice bodov pripojovanej siete. Ako matematický aparát sa používa obvykle metóda najmenších štvorcov (MNS).

Ak je však potrebné určiť s vyššou presnosťou len časť pripojovanej štruktúry a navyše musia nevychýlené odhady spĺňať podmienku kladenú na parametre oboch etáp a táto musí byť dodržaná pri odhadovaní parametrov druhej etapy, tomto prípade nám MNS nepostačuje. Rovnako nám MNS nebude postačovať ani v prípade, keď bude potrebné vyriešiť pripojenie na sieť, ktorej presnosť je rádovo nižšia ako presnosť súradníc bodov pripojovanej siete, pričom samozrejme uvažujeme nepresnosť pripájacích bodov a súčasne sa snažíme túto nepresnosť minimalizovať. V článku preto ponúkame optimálny matematický model geodetického merania v dvoch etapách, pri ktorom bude potrebné rešpektovať podmienky kladené na parametre modelu. Na praktických príkladoch poukážeme na opodstatnenosť spomínanej teórie a ponúkame interpretáciu výsledkov nielen z matematického, ale aj geodetického hľadiska.

## 2 MATEMATICKÁ FORMULÁCIA PROBLÉMU

Predmetom nášho záujmu je dvojetapový model nepriameho merania s podmienkami typu I a II. Pre lepšie pochopenie a objasnenie pojmov ako podmienky typu I a II pozri napríklad (Kubáček, 1993).

Matematicky môžeme predmetný model vyjadriť nasledovne:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{Y}_1 \\ \mathbf{Y}_2 \end{pmatrix} \approx \left[ \begin{pmatrix} \mathbf{X}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{D} & \mathbf{X}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Theta} \\ \boldsymbol{\beta} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \boldsymbol{\Sigma}_1 & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{\Sigma}_2 \end{pmatrix} \right], \quad (2.1)$$

kde  $\mathbf{Y}$  je náhodný vektor modelu pripojovacieho merania,  $\mathbf{Y} = (\mathbf{Y}_1, \mathbf{Y}_2)'$ ;  $\mathbf{X}_1$  je známa matica typu  $n_1 \times k_1$  (matica plánu v prvej etape);  $\mathbf{X}_2$  je známa matica typu  $n_2 \times k_2$  (matica

plánu v druhej etape);  $\mathbf{D}$  je známa matica typu  $n_2 \times k_1$ , ktorá realizuje prepojenie medzi prvou a druhou etapou;  $n_1$  je počet meraných veličín v prvej etape;  $n_2$  je počet meraných veličín v druhej etape;  $k_1$  je počet neznámych veličín v prvej etape;  $k_2$  je počet neznámych veličín v druhej etape;  $\Theta$  je neznámy  $k_1$  rozmerný parameter, ktorý sa odhaduje na báze vektora  $\mathbf{Y}_1$  prvej etapy;  $\beta$  je neznámy  $k_2$  rozmerný parameter, ktorý sa odhaduje na báze vektora  $(\mathbf{Y}_2 - \mathbf{D}\Theta)$  a  $\Theta$ ;  $\Sigma_1$  je kovariančná matica prvej etapy a  $\Sigma_2$  je kovariančná matica druhej etapy. Pre podmienky typu I musí platiť

$$\mathbf{a} + \mathbf{C}\Theta + \mathbf{B}\tilde{\beta} = \mathbf{0}, \quad (2.2)$$

kde  $\mathbf{B}$  je matica parciálnych derivácií funkčných vzťahov podmienok pre parameter  $\beta$ ;  $\mathbf{C}$  je matica parciálnych derivácií funkčných vzťahov podmienok pre parameter  $\Theta$ ;  $\mathbf{a}$  je vektor podmienok;  $\tilde{\beta}$  je odhad z druhej etapy,  $\Theta$  je odhad z prvej etapy.

Prípád modelu s podmienkami typu I, ako aj kompletne matematické vyjadrenie vyššie formulovaných poznámok je bližšie popísané napríklad v (Korbašová, 2003) alebo (Marek, 2003). Pri odhadoch  $\tilde{\beta}$  neexistujú združené efektívne odhady, preto nie je možné použiť MNŠ, a tak sa minimalizuje aspoň disperzia odhadu niektorej veličiny funkcie parametra  $\beta$ . Odhad  $\tilde{\beta}$  nazývame H-optimálny, keď minimalizujeme funkciu

$$f(\tilde{\beta}) = Tr[\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})], \quad \tilde{\beta} \in \tilde{U}_\beta, \quad (2.3)$$

kde  $\mathbf{H}$  je daná  $k_2 \times k_2$  pozitívne semidefinitná matica,  $\tilde{U}_\beta$  je trieda všetkých lineárne nevychýlených odhadov  $\tilde{\beta}$  parametra  $\beta$  v modeli (2.1) na báze vektorov  $\mathbf{Y}_2 - \mathbf{D}\Theta$  a  $\Theta$ , ktoré zároveň spĺňajú podmienku (2.2).

Obdobne je možné vyjadriť lineárne nevychýlený, združené efektívny odhad parametrov  $\beta$  a  $\gamma$  v regulárnom modeli s podmienkami typu II. Bližšie sa touto problematikou zaoberá napríklad (Korbašová, 2003) alebo (Marek, 2004). Rôzne motivačné príklady riešené na základe vyššie spomínanej teórie pozri napríklad (Korbašová, 2003, 2004).

### 3 NUMERICKÁ ŠTÚDIA

V rámci numerickej štúdie ponúkneme riešenie klasickým postupom pomocou MNŠ (odhad  $\hat{\beta}$ ) a novým postupom pomocou H-optimálneho odhadu (odhad  $\tilde{\beta}$ ) a na základe porovnania dosiahnutých výsledkov vyvodíme príslušné závery.

#### 3.1 NUMERICKÁ ŠTÚDIA 1

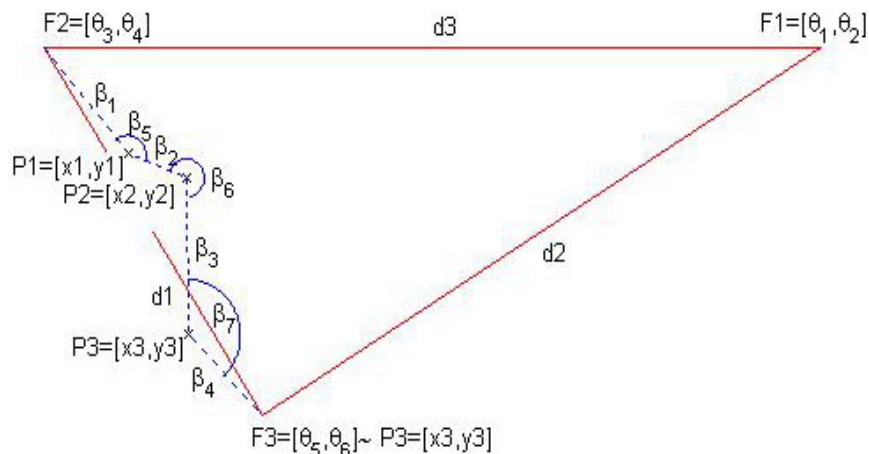
Cieľom tejto štúdie je ukázať, že aplikovaním H-optimálneho odhadu a pri použitom kritériu minimalizácie  $Tr[\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})]$ , dostaneme z matematického hľadiska vždy lepšie výsledky, čo do presnosti odhadovaného parametra (pozri tab.3.1 a tab.3.2). Zároveň však chceme poukázať aj na fakt, že ak je pripojovacia štruktúra určená s rovnakou presnosťou ako existujúca sieť, na ktorú je potrebné vykonané meranie pripojiť, stredné chyby získané H-optimálnym odhadom sú z geodetického hľadiska len zanedbateľne lepšie, a preto v tomto prípade postačuje aplikovať MNŠ (pozri tab.3.1).

V rámci tejto štúdie budeme preto uvažovať dve extrémne situácie a to situáciu, kedy pripojovacia a pripojovaná sieť majú približne rovnakú presnosť (pozri ďalej *Variant SP*) a situáciu, kedy presnosť pripojovacej siete je rádovo oveľa nižšia ako presnosť siete pripojovanej (pozri ďalej *Variant VP*).

*Variant SP (Similary Precision)* predpokladá presnosť súradníc bodov existujúcej siete približne rovnakú, ako presnosť súradníc pripojovaných bodov ( $m_{xy}$  je do 10 mm).

**Variant VP (Various Precision)** predpokladá presnosť súradníc bodov existujúcej siete 6 cm a presnosť súradníc pripojovaných bodov do 10 mm (presnosť meraných parametrov v 2. etape sa predpokladá pre uhly  $5^{\circ}$  a pre dĺžky 3 až 5 mm).

Predstavme si nasledovnú situáciu. Majme body F1, F2 a F3 existujúcej siete a body P1, P2 a P3, pre ktoré je potrebné určiť optimálne odhady súradníc (obr. 3.1). K dispozícii máme odhady súradníc bodov existujúcej siete (súradnice bodu F2 $[\Theta_3, \Theta_4]$ , F3 $[\Theta_5, \Theta_6]$ ) z prvej etapy merania. V druhej etape sú merané štyri dĺžky ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ ) a tri uhly ( $\beta_5, \beta_6, \beta_7$ ).



Obr. 3.1 Znáročnenie situácie

Určili sme štandardný odhad MNŠ a H-optimálny odhad meraných parametrov a ich charakteristiky presnosti pre oba spomínané varianty (Variant SP a Variant VP). Navyše sme v rámci Variantu VP určili H-optimálne odhady pre rôzne tvary matice  $\mathbf{H}$  (závisí od toho, ktorú veličinu uprednostníme, pretože ju potrebujeme určiť presnejšie.). Nakoľko platí, že  $\text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\hat{\beta})) > \text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\tilde{\beta}))$ , môžeme konštatovať, že z matematického hľadiska sme aplikovaním H-optimálneho odhadu dostali lepšie výsledné hodnoty ako pri MNŠ. Avšak významné zlepšenie je až v prípade Variantu VP, pričom zlepšenie presnosti jednej zložky vektora H-optimálnych odhadov je na úkor presnosti ostatných veličín.

Tab. 3.1 variant SP

MNŠ odhad $\hat{\beta}$	Stredná chyba pre MNŠ odhad	H-optimálny odhad $\tilde{\beta}$	Stredná chyba pre H-opt.odhad
162,253 m	4.5 mm	162,255 m	4.4 mm
77,991 m	4.7 mm	77,992 m	4.6 mm
184,014 m	4.6 mm	184,015 m	4.6 mm
132,679 m	4.5 mm	132,681 m	4.4 mm
167,3478 g	5.0 <sup>cc</sup>	167,3490 g	7.5 <sup>cc</sup>
276,4303 g	5.0 <sup>cc</sup>	276,4342 g	18.7 <sup>cc</sup>
150,8097 g	5.0 <sup>cc</sup>	150,8080 g	9.1 <sup>cc</sup>
$\text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\hat{\beta}))=0,000083 > \text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\tilde{\beta}))=0,000081$			

Tab. 3.2 variant VP

MNŠ odhad $\beta$	Stredná chyba pre MNŠ odhad	H-optimálny odhad $\tilde{\beta}$ [1]	Stredná chyba pre H-opt.odhad [1]	H-optimálny odhad $\tilde{\beta}$ [2]	Stredná chyba pre H-opt.odhad [2]
162,255 m	34.2 mm	162,260 m	5.0 mm	162.255 m	28.6 mm
77,991 m	27.7 mm	77,996 m	5.0 mm	77.991 m	28.8 mm
184,014 m	29.4 mm	184,020 m	5.0 mm	184.014 m	29.9 mm
132,680 m	33.7 mm	132,686 m	5.0 mm	132.680 m	29.3 mm
167,3478 g	5.1 cc	167,3529 g	259.0 cc	167.3488 g	49.3 cc
276,4303 g	6.2 cc	276,4466 g	825.8 cc	276.4312 g	49.7cc
150,8097 g	5.2 cc	150,8028 g	345.9 cc	150.8087 g	49.6 cc
$\text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\beta))=0,003940 > \text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\tilde{\beta}))=0,000102$ .....pre [1] $\text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\beta))=0.179424 > \text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\tilde{\beta}))=0.165153$ .....pre [2]					

Na základe prezentovaných výsledkov v tab.3.1 a tab.3.2 vidíme, že sme dosiahli a potvrdili cieľ štúdie stanovený v úvode tejto podkapitoly. Ako je možné ďalej vidieť z tabuliek výsledkov pre H-optimálne odhady pri Variante VP sme dosiahli väčšinou vždy presnejšie stredné chyby pre dĺžky ako pri MNŠ odhade, avšak zlepšenie presnosti jednej veličiny je na úkor presnosti ostatných zložiek H-optimálnych odhadov. Samozrejme záleží na štruktúre matice  $\mathbf{H}$  - v tab.3.2 pozri stĺpce H-optimálnych odhadov. Pri voľbe matice  $\mathbf{H}$  nie je možné postupovať mechanicky a je potrebné modifikovať maticu  $\mathbf{H}$  podľa požiadaviek na výslednú presnosť získaných odhadov. Chceme tým upozorniť na nutnosť voľby tejto matice podľa situácie. Experimentovanie s voľbou matice  $\mathbf{H}$  (za účelom dosadenia cieľa daného užívateľom) odstraňujeme použitím matematického aparátu hľadania minima funkcionálu na množine prípustných riešení, pomocou ktorého určujeme jej tvar.

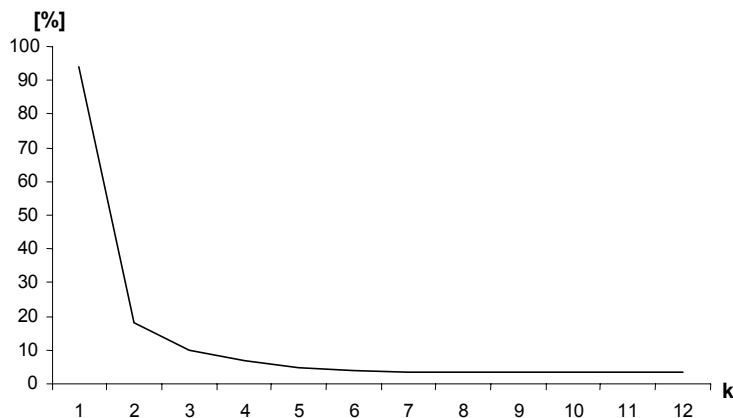
### 3.2 NUMERICKÁ ŠTÚDIA 2

V rámci tejto druhej štúdie ostaneme pri príklade použitom v predošlej podkapitole. Tento krát je však naším cieľom percentuálne vyjadriť zlepšenie H-optimálneho odhadu voči odhadu MNŠ na základe určenia pomerov  $\text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\tilde{\beta})) / \text{Tr}(\mathbf{H}\text{Var}(\beta))$ .

Aby sme mohli vyjadriť kontinuálny priebeh pomeru stôp H-optim. odhadu voči odhadu MNŠ a následné percentuálne zhodnotenie významu použitia H-optim. odhadu voči odhadu MNŠ, bolo potrebné vykonať nasledovné výpočty.

Predpokladajme, že presnosť pripojovanej siete sa meniť nebude (v dnešnej dobe je k dispozícii pomerne stály široký výber kvalitných meracích prístrojov s vysokou presnosťou), ale presnosť pripojovacej siete (existujúcej) budeme postupne meniť (čo by zodpovedalo tomu, že sa v rôznych situáciách pripájame na rôzne presné existujúce siete). Keďže presnosť pripojovanej siete súvisí s druhou etapou, kovariančná matica  $\Sigma_2$  bude vo všetkých kombináciách výpočtu nemenná a bude predstavovať presnosť súradníc do 10 mm, pričom pre presnosť merania uhlov sa bude uvažovať  $5^{\circ}$  a pre presnosť merania dĺžok 3 mm. Naproti tomu presnosť pripojovacej (existujúcej) siete súvisí s prvou etapou, preto sa prvky kovariančnej matice  $\Sigma_1$  budú postupne meniť a to nasledovne. „Štartovacia matica“  $\Sigma_1$  bude predstavovať situáciu s tou (pre náš prípad) najhoršou presnosťou súradníc 6 cm. Postupne budeme presnosť  $\Sigma_1$  zlepšovať, až sa dostaneme k presnosti porovnateľnej s druhou etapou, preto „stop matica“  $\Sigma_1$  bude predstavovať situáciu s presnosťou súradníc do 10 mm. Postupný prechod od štartovacej po stop maticu sme vykonali s krokom (k, pomer(k)), kde  $k = 0, 1, 2, \dots, 11$ , čím nám vzniklo 12 vzájomných vzťahov medzi  $\Sigma_1$  a  $\Sigma_2$  pre každý typ odhadu (H odhad aj odhad MNŠ). Pre každú takúto

situáciu sme vypočítali pomer  $\text{Tr}(\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})) / \text{Tr}(\mathbf{HVar}(\hat{\beta}))$ . S dosiahnutých výsledkov sme vykreslili graf priebehu spomínaných pomerov. Na osi y sú vynesené príslušné pomery  $\text{Tr}(\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})) / \text{Tr}(\mathbf{HVar}(\hat{\beta}))$ , ktoré predstavujú hodnoty od 0% do 100%. Na osi x sú vynesené postupne meniace sa kovariančné matice  $\Sigma_1$ , v grafe označené číslom 1 až 12 (pozri graf 3.1).



Graf 3.1 Graf priebehu pomerov  $\text{Tr}(\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})) / \text{Tr}(\mathbf{HVar}(\hat{\beta}))$

Z grafu vidíme, že od  $k = 2$  až po  $k = 12$  je pomer  $\text{Tr}(\mathbf{HVar}(\tilde{\beta})) / \text{Tr}(\mathbf{HVar}(\hat{\beta}))$  menší ako 30%, čo poukazuje na výrazné zlepšenie kritéria minimalizácie stopy kovariančnej matice pri H-optimálnom odhade voči odhadu MNŠ a teda aj na výhodu jeho použitia.

## 4 ZÁVER

Hoci sa buduje a postupne dokončuje nová Štátna priestorová sieť, pozri napríklad (Klobošiak, 2000), ktorá by mala vyústiť do takého východzieho geodetického podkladu, ktorý by mal byť dostatočne presný a hustotou bodov by mal umožniť hospodárne pripojenie bežnými geodetickými postupmi, predložená myšlienka problematiky pripojovacích meraní v inžinierskej geodézii a myšlienka tzv. H-optimálneho odhadu bude mať stále svoj význam.

Spôsob riešenia pripojovacích meraní navrhovaným novým matematickým postupom (H-optimálnym odhadom) sa stáva zaujímavým vždy vtedy, ak sa pripájame na sieť, ktorej presnosť je rádovo nižšia ako presnosť súradníc bodov pripojovanej siete. Týka sa to nie len pripojenia na štátny súradnicový systém, ale prípadov ľubovoľného pripojenia na sieť s rádovo nižšou presnosťou vo všeobecnosti.

Ďalšie jednoznačné využitie H-optimálneho odhadu je v prípade, ak sa v geodetickej praxi stretáme s požiadavkou, určiť s vyššou presnosťou len časť pripojovacej štruktúry v určitej záujmovej oblasti a navyše musia nevyčlenené odhady spĺňať podmienku kladenú na parametre oboch etáp a táto musí byť dodržaná pri odhadovaní parametrov druhej etapy. V tomto prípade nám MNŠ nepostačuje.

Zatiaľ nie je možné predstaviť univerzálny postup riešenia H-optimálnym odhadom, hoci istú postupnosť jednotlivých krokov výpočtu je možné realizovať podľa nami predloženého algoritmu. Geodetická prax je však natoľko rozmanitá, že vždy bude potrebné zvážiť každú jednu vzniknutú situáciu a pristupovať k nej istým spôsobom individuálne.

## **POUŽITÁ LITERATÚRA :**

- KLOBUŠIAK, M., (2000): Štátna priestorová sieť, nový lokalizačný fenomén na Slovensku. Bratislava, GKÚ.
- KORBAŠOVÁ, M., (2003): Štatistické problémy pripojovacích meraní v geodézii. Písomná časť dizertačnej skúšky. 36 s., Bratislava.
- KORBAŠOVÁ, M., (2003): Mathematic-Statistical Problems of Data Processing of Connecting Measurements in Surveying. In: Proceedings of Modern Technologies, Education and Professional Practice in the Globalizing World. International Symposium, Sofia, 2003, pp. 197-204 (in English)
- KORBAŠOVÁ, M., (2004): Problems of Connecting Measurements in Surveying. In: Juniorstav 2004, 6th Special Doctoral Study Conference, Brno, 2004 (full text on CD - in English)
- KUBÁČEK, L., (1993): Dvojetapový regresný model s podmienkami. In: Math Slovaca 43, Bratislava, Veda, s. 643-658.
- KUBÁČKOVÁ, L., (1990): Metódy spracovania experimentálnych údajov. Bratislava, Veda, 325 s.
- MAREK, J., (2003): Estimation in Connecting Measurements. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas rerum naturalium, Mathematica 42 (2003), pp. 69-86, Olomouc, Palacky University Olomouc.
- MAREK, J., (2004): Estimation in Connecting Measurements with Constraints of Type II. Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas rerum naturalium, Mathematica 43 (2004), Olomouc, Palacky University Olomouc.