



Ingenieurgeodäsie

Übung14: Trigonometrische Höhenmessung



Ausarbeitung im Studiengang
Geodäsie und Geoinformatik
an der Universität Stuttgart

Ziqing Yu, 321805;
Martin Wilczynski 3322361
Yihan Tao 3255496

Stuttgart, Juni 2020

Betreuer: Dipl.-Ing. Otto Lerke
Universität Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

1.1	Einleitung	2
1.2	Problemstellung	2
1.2.1	Fehlerquellen	2
1.2.2	Grund für die gleichzeitige Durchführung	2
1.3	Formel	2
1.4	Ergebnis	3
1.5	Fehlerfortpflanzung	3
1.6	Refraktionskoeffizienten	3
1.7	Vergleich	4
1.8	MatLab Code	4

Kapitel 1

1.1 Einleitung

In dieser Übung wird der Höhenunterschied zwischen 2 Punkte am Testfeld durch trigonometrische Höhenmessung bestimmt. 2 unterschiedene Tachymeter TS30 und TS16 werden verwendet.

1.2 Problemstellung

1.2.1 Fehlerquellen

- Der Fehler bei der Tachymeterhöhe und Reflektorhöhe.
- Die Messungen finden nicht gleichzeitig statt.

1.2.2 Grund für die gleichzeitige Durchführung

Die Messungen von 2 Tachmetern sollen gleichzeitig stattfinden. Das Ziel ist, der Einfluss von Refraktion und Erdkrümmung wird beseitigt.

1.3 Formel

$$\begin{aligned}\Delta H_{12} &= H_2 - H_1 = s_1^R \cos z_1 + (1 - k) \frac{s_1^2}{2R} + i_1 - t_1 \\ \Delta H_{21} &= H_1 - H_2 = s_2^R \cos z_2 + (1 - k) \frac{s_2^2}{2R} + i_2 - t_2 \\ \Delta H &= \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = \frac{s_1^R \cos z_1 - s_2^R \cos z_2}{2} + (i_1 - t_1) - (i_2 - t_2)\end{aligned}$$

Weil $i_1 = i_2$ und $t_1 = t_2$ bei dieser Übung:

$$\Delta H = \frac{\Delta H_{12} - \Delta H_{21}}{2} = \frac{s_1^R \cos z_1 - s_2^R \cos z_2}{2}$$

1.4 Ergebnis

Wir haben insgesamt 10 Mal gemessen.

$$\Delta H = \begin{bmatrix} 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \\ 7,0085 \end{bmatrix} \text{ m}$$

Der Mittelwert ist 7,0648 m

1.5 Fehlerfortpflanzung

$$F = \begin{bmatrix} \frac{\partial H_1}{\partial s_{11}^R} & \frac{\partial H_1}{\partial z_{11}} & \frac{\partial H_1}{\partial s_{21}^R} & \frac{\partial H_1}{\partial z_{21}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial H_2}{\partial s_{12}^R} & \frac{\partial H_2}{\partial z_{12}} & \frac{\partial H_2}{\partial s_{22}^R} & \frac{\partial H_2}{\partial z_{22}} & 0 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial H_{10}}{\partial s_{110}^R} & \frac{\partial H_{10}}{\partial z_{110}} & \frac{\partial H_{10}}{\partial s_{210}^R} & \frac{\partial H_{10}}{\partial z_{210}} \end{bmatrix}$$

$$\Sigma_H = F \cdot \Sigma_{zs} \cdot F'$$

$$\sigma_H = \sqrt{\text{diag}(\Sigma_H)} = \begin{bmatrix} 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \\ 0,318 \text{ mm} \end{bmatrix}$$

Die Genauigkeit für einzelne Messung ist 0,318 mm, Die Genauigkeit für die gesamte Messung ist $\frac{0,318}{\sqrt{10-1}} = 0.106 \text{ mm}$

1.6 Refraktionskoeffizienten

$$k = \frac{200 + \gamma - z_1 - z_2}{\gamma} = 1 + \frac{200 - z_1 - z_2}{\frac{S^H}{R} \cdot \frac{200}{\pi}}$$

$$k = \begin{bmatrix} 2,2544 \\ 2,3381 \\ 2,2544 \\ 2,3381 \\ 2,3381 \\ 1,5854 \\ 1,5854 \\ 1,5018 \\ 1,5854 \\ 1,5854 \end{bmatrix}$$

Der Mittelwert ist 1,9366.

1.7 Vergleich

Die Höhenunterschied von Übung 10 ist $481,2389 - 474,2540 = 6,9849$ m, es gibt ca. 2 cm Unterschied zur dieser Messung. Der Grund ist, die Höhenbestimmung von GNSS nicht so genau ist.

1.8 MatLab Code

Code und Data Auch als Anhang in E-mail.

```
clc
close all
clear all

TS16GR4 = importfile16("E:\Studium\5,6-Ingenieurgeodaesie\Uebung\
    IngGeo-6-Semester-Uebung\14\matlab\TS16_GR4_mod.txt", [1, Inf]);
TS30GR4 = importfile30("E:\Studium\5,6-Ingenieurgeodaesie\Uebung\
    IngGeo-6-Semester-Uebung\14\matlab\TS30_GR4_mod.txt", [1, Inf]);

R = 6378137;

z1 = zeros(10,1);
z1(1:5) = TS16GR4(11:15,5) / 200 * pi;
z1(6:10) = (400 - TS16GR4(16:20,5)) / 200 * pi;

z2 = zeros(10,1);
z2(1:5) = TS30GR4(11:15,5) / 200 * pi;
z2(6:10) = (400 - TS30GR4(16:20,5)) / 200 * pi;

sr1 = TS16GR4(11:20,6);
sr2 = TS30GR4(11:20,6);

sh1 = TS16GR4(11:20,7);
```

```

sh2 = TS30GR4(11:20,7);
sh = mean([sh1;sh2]);
dH = (sr1 .* cos(z1) - sr2 .* cos(z2))/2;
dH_mean = mean(dH);

% Fehlerfortpflanzung
F = zeros(10,40);
diag_sigma_zs = zeros(1,40);
for i = 1:10
F(i,4 * i - 3) = cos(z1(i)) / 2;
F(i,4 * i - 2) = sr1(i) / 2 * (-sin(z1(i)));
F(i,4 * i - 1) = -cos(z2(i)) / 2;
F(i,4 * i - 0) = sr2(i) / 2 * (sin(z2(i)));

diag_sigma_zs(4 * i -3) = 1e-3 + 1.5e-6 * z1(i);
diag_sigma_zs(4 * i -2) = 0.15e-3 / 200 * pi;
diag_sigma_zs(4 * i -1) = 1e-3 + 1e-6 * z2(i);
diag_sigma_zs(4 * i -0) = 0.3e-3 / 200 * pi;
end
Sigma_zs_quad = diag(diag_sigma_zs.^2);
Sigma_h_quad = F * Sigma_zs_quad * F';
sigma_h = sqrt(diag(Sigma_h_quad));

% eine Vereinfachung
z1q = 103.7;
z2q = 96.3;
k = 1 + (200 - z1q - z2q) / ((200 / pi) * (sh / R));

% fuer Vergleich
dh_ue10 = 481.2389 - 474.2540;

```