

**Thema: RTK- Integer Least-Squares (ILS)**

*Präsentation am 07.05.2024*

Am Ende dieser Übung sind Sie in der Lage

- eine Prozessierung von GNSS-Rohdaten mithilfe der open-source Software rtklib durchzuführen
- verschiedenen Möglichkeiten zur Optimierung der RTK-Ergebnisse im Post-Processing zu erkennen und anzuwenden
- die Qualität der RTK-Ergebnisse zu bewerten

In der Datei data.zip befinden sich die aufgezeichneten GNSS-Beobachtungsdaten einer Testfahrt im Raum Ostfildern, die sowohl in bebautem Gebiet, als auch außerhalb der Siedlung durchgeführt wurde. Der Rover-Empfänger (rover) befand sich im Fahrzeug mit einer auf dem Dach montierten Antenne, der Referenz-Empfänger (base) war auf einem bekannten Punkt in der Nähe der Fahrtroute aufgebaut.

**Aufgabe 1 (2 Punkte)**

Überprüfen Sie das gegebene Beobachtungsmaterial (RINEX-Dateien) und suchen Sie sich alle nötigen Informationen heraus, wie z.B.

- Empfängertypen, Antennentypen
- Referenzkoordinaten
- GNSS, Frequenzen
- Datenaufzeichnungsrate

**Aufgabe 2 (3 Punkte)**

Führen Sie, unter Zuhilfenahme des Programms rtklib, eine präzise Positions- und Geschwindigkeitsberechnung des Fahrzeugs mit der Methode RTK (in rtklib 'kinematic') durch. Nutzen Sie für die erste Analyse folgende Parameter:

- Referenzkoordinaten aus RINEX-Header
- nur GPS, L1+L2, Elevationsmaske  $5^\circ$ ,
- Integer Ambiguity Res = Fix and hold
- $\text{ratio} = (\text{second best}/\text{best}) > 3$

Stellen Sie das Ergebnis grafisch dar und geben Sie den Prozentsatz der 'fixed'-Lösungen an. Diskutieren Sie dann die Qualität des Ergebnisses, indem Sie folgende Parameter analysieren:

- a) die Residuen
- b) den Parameter ‚ratio‘ der Integer Ambiguity Fixierung mit der Lambda-Methode
- c) die Standardabweichung der Positions- und Geschwindigkeitslösung

baseTest2.obs

文件 编辑 查看

3.04 OBSERVATION DATA M (MIXED) RINEX VERSION / TYPE  
Alloy 5.45 Receiver Operator 20220325 121251 UTC PGM / RUN BY / DATE  
ALLOY MARKER NAME  
INSA MARKER NUMBER  
GEODETIC MARKER TYPE  
INS Alloy Institut fuer Navigation Uni Stuttgart OBSERVER / AGENCY  
5945R40013 TRIMBLE ALLOY 5.45 REC # / TYPE / VERS  
TRM57971.00 NONE ANT # / TYPE  
4161163.2044 678675.6669 4770420.4641 APPROX POSITION XYZ  
0.0000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N  
G 15 C1C L1C S1C C1X L1X S1X C2W L2W S2W C2X L2X S2X C5X SYS / # / OBS TYPES  
L5X S5X SYS / # / OBS TYPES  
S 3 C1C L1C S1C SYS / # / OBS TYPES  
R 9 C1C L1C S1C C2C L2C S2C C3X L3X S3X SYS / # / OBS TYPES  
E 15 C1X L1X S1X C5X L5X S5X C7X L7X S7X C8X L8X S8X C6X SYS / # / OBS TYPES  
L6X S6X SYS / # / OBS TYPES  
C 15 C1X L1X S1X C5X L5X S5X C2I L2I S2I C7I L7I S7I C6I SYS / # / OBS TYPES  
L6I S6I SYS / # / OBS TYPES  
0.100 INTERVAL 10Hz  
2022 3 25 12 12 51.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS  
G L2X -0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
R L1P 0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
R L2C -0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
DBHZ SIGNAL STRENGTH UNIT  
13 R01 1 R05 1 R06 -4 R07 5 R08 6 R09 -2 R14 -7 R15 0 GLONASS SLOT / FRQ #  
行 1, 列 1 18,727,167 个字符 100% Unix (LF) UTF-8

Empfänger Trimble Alloy 5.45  
Antenna TRM57971.00  
ECEF  
GPS L1 L2 L5  
SBAS Satellite-Based Augmentation System Orbit GEO  
GLONASS L1 L2 L3  
Galileo E1 E5a E5b E6  
C7X C8X  
BeiDou B2 B3  
C1 C7

baseTest2.obs

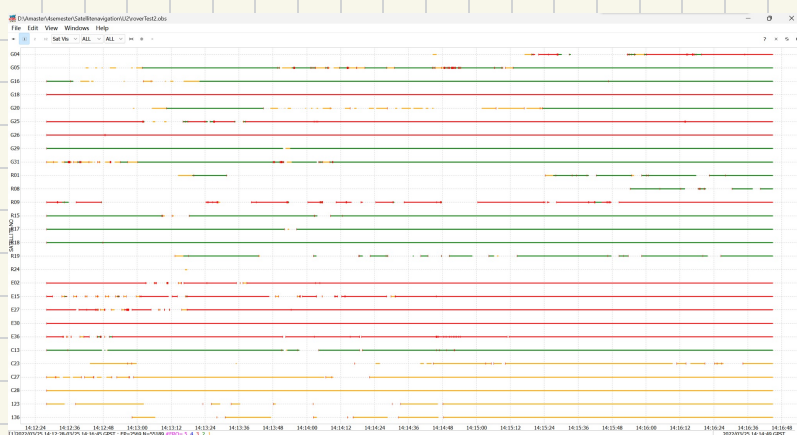
文件 编辑 查看

3.04 OBSERVATION DATA M (MIXED) RINEX VERSION / TYPE  
NetR9 5.45 Receiver Operator 20220325 141228 UTC PGM / RUN BY / DATE  
INSA MARKER NAME  
INSA1 MARKER NUMBER  
GEODETIC MARKER TYPE  
INS NetR9 Institut fuer Navigation Uni Stuttgart OBSERVER / AGENCY  
5201K41141 TRIMBLE NETR9 5.45 REC # / TYPE / VERS  
TRM57971.00 NONE ANT # / TYPE  
4160644.4994 677711.0216 4771037.7300 APPROX POSITION XYZ  
0.0000 0.0000 0.0000 ANTENNA: DELTA H/E/N  
G 12 C1C L1C S1C C2W L2W S2W C2X L2X S2X C5X L5X S5X SYS / # / OBS TYPES  
S 3 C1C L1C S1C SYS / # / OBS TYPES  
R 9 C1C L1C S1C C2C L2C S2C C3X L3X S3X SYS / # / OBS TYPES  
E 12 C1X L1X S1X C5X L5X S5X C7X L7X S7X C8X L8X S8X SYS / # / OBS TYPES  
C 6 C2I L2I S2I C7I L7I S7I SYS / # / OBS TYPES  
0.100 INTERVAL 10Hz  
2022 3 25 14 12 28.0000000 GPS TIME OF FIRST OBS  
G L2X -0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
R L1P 0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
R L2C -0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
J L2X 0.25000 SYS / PHASE SHIFT  
DBHZ SIGNAL STRENGTH UNIT  
8 R01 1 R08 6 R09 -2 R15 0 R17 4 R18 -3 R19 3 R24 2 GLONASS SLOT / FRQ #  
GLONASS COD/PHS/BIS  
END OF HEADER  
行 1, 列 1 7,347,813 个字符

Empfänger NetR9 5.45  
Antenna TRM57971.00  
ECEF  
10Hz

RTKPlot中的质量

also shows the time range, the number of solution epochs (N=nnnn), the baseline length (B=0.0-x.xkm), the number and percentage of each quality solution (Q=1:nnn (pp%), 2:nnn (pp%), ...). The quality flag Q and the marker color means: 1: Fixed, 2: Float, 4: DGPS, 5: Single (the colors are changeable with the plot options). To screen the marks by the quality flag Q, select the second pull down menu in the Tool Bar. By drag and drop of the solution file icon to the main window of RTKPLLOT, you can also read and plot the solution file.



从 0 文件中可以看到 GPS 中 G04 和 G18 效果较差

Options

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc

Positioning Mode Kinematic

Frequencies L1+L2/E5b

Filter Type Forward

Elevation Mask (°) / SNR Mask (dBHz) 5 ...

Rec Dynamics / Earth Tides Correction OFF OFF

Iono/Tropo Correction OFF OFF

Satellite Ephemeris/Clock Broadcast

☐ Sat PCV ☐ Rec PCV ☐ PhWU ☐ Rej Ecl ☐ RAIM FDE ☐ DBCorr

Excluded Satellites (+PRN: Included) G04,G18

☒ GPS ☐ GLO ☐ Galileo ☐ QZSS ☐ SBAS ☐ BeiDou ☐ IRNSS

Load... Save... OK Cancel

但在其它条件一样情况下,去掉这俩效果并不好

**Aufgabe 3 (3 Punkte)**

Versuchen Sie nun das Ergebnis zu optimieren, indem Sie u.a. folgende Parameter ändern:

- mehr Beobachtungen verwenden (GPS+Galileo oder andere GNSS) ↑↑
- Beobachtungen auf verschiedenen Frequenzen verwenden ↑↑
- Cycle-Slips vermeiden, in dem Sie z.B. die Elevationsmaske in Schritten von 5° erhöhen ↓
- eine kombinierte Vorwärts/Rückwärts -Lösung rechnen ↑
- mögliche weitere Operationen verwenden, wie: Ausschließen einzelner Satelliten mit hohem Mehrwegeinfluss oder vielen Signalabrissen ↓

Analysieren Sie die selben Parameter, wie in Aufgabe 1 und vergleichen Sie das Ergebnis. Konnten Sie die Auswertung optimieren? Welche Änderungen führten zum Erfolg?

**Aufgabe 4 (2 Punkte)**

Die Qualität des RTK-Ergebnisses wird oftmals am Erfolg der Integer-Fixierung der Ambiguitäten gemessen, d.h. durch die Einhaltung der ‚ratio‘- Schranke. Das Setzen dieser Schranke beeinflusst daher wesentlich die mutmaßliche Genauigkeit der Lösung.

Bewerten Sie die Lösung aus Aufgabe 2 neu, indem Sie die geforderte ‚ratio‘-Schranke startend von 3 in Schritten von 0.2 erniedrigen. Wie ändert sich die Fixierungsquote? Wie beurteilen Sie Ihre Lösung?

最终结果很怪

**Hinweis 1:**

Sie benötigen das Open-source Programmpaket rtklib in der erweiterten Version von rtklibexplorer demo5 b34g:

- Download: <https://rtkexplorer.com/downloads/rtklib-code/>
- Manual: [https://rtkexplorer.com/pdfs/manual\\_demo5.pdf](https://rtkexplorer.com/pdfs/manual_demo5.pdf)

Informationen zum Originalprogramm von Tomoji Takasu, RTKLIB - An Open Source Program Package for GNSS Positioning finden Sie unter

- Informationen: <http://www.rtklib.com/>
- Download: [https://github.com/tomojitakasu/RTKLIB\\_bin/tree/rtklib\\_2.4.3](https://github.com/tomojitakasu/RTKLIB_bin/tree/rtklib_2.4.3)
- Manual: [http://www.rtklib.com/prog/manual\\_2.4.2.pdf](http://www.rtklib.com/prog/manual_2.4.2.pdf)

**Hinweis 2:**

Sie können eine erste Analyse mit rtkplot durchführen. Für eine detaillierte Analyse sollten Sie die Dateien aus rtkplot mit Matlab oder Python auswerten.