Thema: Integer Least-Squares (ILS)

Präsentation am 30.04.2024

Am Ende dieser Übung sind Sie in der Lage

- das Bootstrapping Verfahren zur Bestimmung von ganzzahligen Phasenmehrdeutigkeiten durchzuführen
- einen 'float'-Vektor mithilfe einer Z-Transformation in einen 'fix'-Vektor zu transformiern
- das Standardverfahren LAMBDA für die Suche nach ganzzahligen Mehrdeutigkeiten anzuwenden

Aufgabe 1 *(4 Punkte)*

Im Rahmen einer RTK-Auswertung müssen Phasenmehrdeutigkeiten gelöst werden. Dies erfolgt in drei Schritten. Aus dem 1.Schritt erhalten Sie für die Schätzung der Trägerphasen-Mehrdeutigkeiten einen Vektor mit sog. '***float***-ambiguities' $\hat{\boldsymbol{a}}$ und eine zugehörige Kovarianzmatrix $\boldsymbol{Q}_{\hat{\mathbf{a}}}$.

Zeigen Sie für den unten aufgeführten 2-dimensionalen Fall, wie die verschiedenen Ansätze zur '***Fixierung***' der Mehrdeutigkeiten auf Integer-Werte zu unterschiedlichen Lösungen führen können.

Für eine Epoche mit n=2 Mehrdeutigkeiten erhalten Sie folgende Werte:

$$\hat{\boldsymbol{a}} = \begin{pmatrix} 1.03 & 1.54 \end{pmatrix} \qquad \boldsymbol{Q}_{\hat{\mathbf{a}}} = \begin{pmatrix} 5.34 & 3.84 \\ 3.84 & 2.80 \end{pmatrix}$$

a) Fixieren Sie den Vektor $\hat{\boldsymbol{a}}$ ohne vorherige Dekorrelation mit den beiden Verfahren

   - **'Einfaches Runden'**
   - **'Bootstrapping'** (in verschiedener Reihenfolgen)

   und geben Sie jeweils den ganzzahligen Lösungsvektor $\check{\boldsymbol{a}}$ an. Kommen Sie beides Mal zum gleichen Ergebnis?

b) Führen Sie nun zuerst eine Dekorrelation der Werte mit Hilfe einer Z-Transformation durch und fixieren Sie dann den transformierten Vektor $\hat{\boldsymbol{z}}$ mit den beiden Verfahren 'Runden' und 'Bootstrapping'. Führen Sie folgende Schritte aus:

   - Bestimmen Sie die Z-Transformationsmatrix $\boldsymbol{Z}$ und diskutieren Sie den Dekorrelationsprozess, indem Sie die Kovarianz-Matrix $\boldsymbol{Q}$ vor und nach der Z-Transformation betrachten. Vergleichen Sie die Korrelationskoeffizienten.
   - Bestimmen Sie dann den Vektor der 'fixierten' Mehrdeutigkeiten $\check{\boldsymbol{a}}$ nach der Rücktransformation und vergleichen Sie mit den Ergebnissen aus Abschnitt a).

c) Erläutern Sie allgemein die Eigenschaften der Z-Matrix.

$\hat{a}$表示载波相位 $Q_{\hat{a}}$为协方差矩阵，左上到右下表示不确定性，越小越好，右上到左下为相关性，越大相关性越强。

如果参数相关时，不能简单四舍五入

Einfaches Runden nicht zulässig ist, wenn Parameter korreliert sind.

Bootstrapping vor 或 nach 会有不同结果

Dekoorelation mit Z-Transformation hilft bei der Suche nach einer ganzzahlige n Lösung.

使Z变换去相关化有助于找到整数解.

Aufgabe 2 *(4 Punkte)*

Für die Integer Ambiguity Schätzung (Integer Least-Squares - ILS) im Rahmen von GNSS, hat sich die LAMBDA-Methode der TU Delft als effektives Werkzeug etabliert. Die ursprünglichen Original-Algorithmen liegen als open-source Matlab-Funktionen vor. Verwenden Sie diese Funktionen, um die nachfolgenden Aufgaben zu lösen.

In der Datei **amb-ss24.mat** sind die ‚Float'-Ambiguities $\hat{\boldsymbol{a}}$, sowie die Kovarianzmatrix $\boldsymbol{Q}_{\hat{\boldsymbol{a}}}$ für eine Epoche mit n=10 Doppeldifferenzen abgespeichert.

a) Starten Sie **LAMBDAdemo.m** und führen Sie die Integerschätzung mit nachfolgenden Methoden durch. Vergleichen Sie die Ergebnisse.

- Methode 3: integer rounding method
- Methode 4: integer bootstrapping method
- Methode 2: ILS method based enumeration in search

b) Die Qualität der ILS Methode 2 wird allgemein durch das Verhältnis der Summe der Residuenquadrate (sqnorm) der besten und der zweitbesten Lösung beschrieben, dem sogenannten ***ratio—Test***. Überprüfen Sie, ob der Test den Schwellenwert von $\tau_0 = 0.5$ überschreitet.

Aufgabe 3 *(2 Punkte)*

Zeigen Sie für die ILS Methode 2 die Abhängigkeit der benötigten Rechenzeit von der Vektorgröße $\hat{\boldsymbol{a}}$ anhand einer grafischen Darstellung.

Generieren Sie hierzu ‚Float'-Vektoren und Kovarianzmatritzen aus Zufallszahlen mit ansteigender Anzahl von Elementen und bestimmen Sie jeweils die Rechenzeit für eine ILS-Fixierung. Generieren Sie dann eine Grafik, die die Rechenzeit in Abhängigkeit der Vektorgröße enthält und legen Sie eine ausgleichende Kurve duch die Werte.

Hinweis: Schalten Sie alle anderen überflüssigen Berechnungen aus. Geben Sie Ihre Matlab-Version und die Leistung ihres Computers an.

Institut für Navigation
Dipl.-Ing. Doris Becker