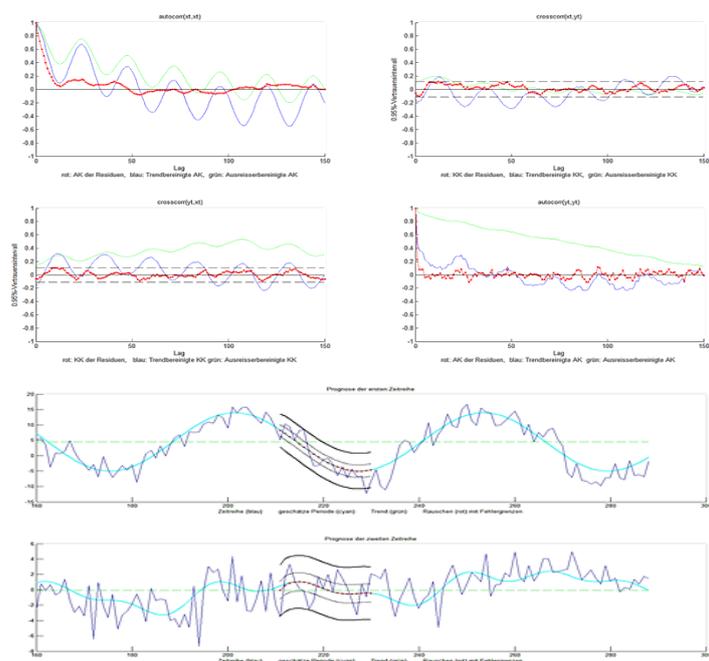


Bachelor-Thesis 2012

Zeitreihenanalyse von Geodaten

Analyse- und Auswerteverfahren zweier Zeitreihen
(Bivariater Prozess)



Autoren:

Nicolas Schenk

Examinator:

Prof. Dr. sc. math. Beat Fischer

Experte:

Prof. Dr. Alain Geiger

Zeitreihenanalyse von Geodaten

Um die typischen Eigenheiten und Probleme der Auswertung von Monitoringmessungen am IVGI/FHNW besser kennen zu lernen, wurde im Jahr 2010 mit der Implementation eines in MATLAB® selbst geschriebenen Auswerteprogramms begonnen. Im Rahmen dieser Bachelor-Thesis wurde das "Zeitreihenanalyse-Programm IVGI" um das Analyse- und Auswerteverfahren bivariater Zeitreihen erweitert. Die Auswertemöglichkeit liefert Informationen betreffend zeitlicher Verschiebungen der Beeinflussung einer Zeitreihe durch die anderen, die so bis anhin verborgen waren.

Schlagworte: Zeitreihenanalyse, Geomonitoring, Bivariater Prozess, Kreuzkorrelation, Schätzprozess, Prognose, LOESS-Algorithmus

1. Einleitung

Die vollautomatische und permanente Überwachung von Objekten mittels Geomonitoringsystemen spielt zunehmend eine wichtige Rolle. Aufgrund der laufend erfassten Messdaten soll bei einer Fehlentwicklung rechtzeitig alarmiert werden. Die Zeitreihenanalyse ermöglicht die Prognose für zukünftige Zeitpunkte (siehe dazu die beiden unteren Grafiken auf der Titelseite). Zudem dient das Analyseverfahren als Instrument bei der Entscheidungsfindung.

2. Zeitreihenanalyse-Programm Version 3.0

Das bestehende Programm wurde um das Analyse- und Auswerteverfahren bivariater Zeitreihen ergänzt. Dies ermöglicht Zeitreihen miteinander zu korrelieren und Abhängigkeiten zwischen den Variablen aufzudecken und zu beurteilen. Der erweiterte Auswerteteil wurde zudem benutzerfreundlicher gestaltet und um diverse Optionen zur benutzerspezifischen Eingabe erweitert. Der Anwender hat nun beispielsweise die Möglichkeit, vorgegebene Verfahren oder Wertangaben aus einer Liste auszuwählen oder individuell Werte über Eingabefelder einzugeben. Zudem wird er mit Hilfe eingefärbter Felder und Buttons Schritt für Schritt durch das Auswerteverfahren geleitet. Sämtliche Schritte sind in der neuen Version informativ beschriftet.

3. Auto- und Kreuzkorrelationen

Eine Grundlegende Erweiterung des Auswerteverfahrens zweier Zeitreihen ist die Berechnung und Darstellung der Auto- und Kreuzkorrelationen. Die Kreuzkorrelation entspricht der Autokorrelation. Die Autokorrelation beschreibt die Abhängigkeit von Messwerten innerhalb derselben Zeitreihe, wohingegen bei der Kreuzkorrelation die Korrelation zwischen zwei verschiedenen Zeitreihen x und y berechnet wird. Für die Bildung der Kreuzkorrelationsfunktion ist es wichtig, dass sich die entsprechenden Werte beider Zeitreihen auf die gleichen Epochen beziehen. Dadurch ergeben sich nebst den gerechneten Korrelationen Informationen betreffend zeitlicher Verschiebungen (lag (τ)) der Beeinflussung einer Zeitreihe durch die anderen. Die erste Grafik auf dem Titelbild zeigt die berechneten Korrelationen zweier Zeitreihen, zum einen nach der Ausreisserdetektion (grün), nach der Trendbereinigung (blau) und nach der Subtraktion periodischer Anteile (rot dargestellt), wobei im dritten Fall von der Auto- und Kreuzkorrelation der Residuen gesprochen wird. Nach der Abspaltung des Trends und der

Periodizität bleiben die Residuen übrig. Diese streuen zufällig und voneinander abhängig, gemäss einem ARMA-Prozess.

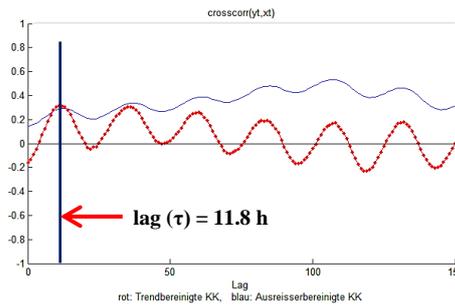


Abb. 1 Kreuzkorrelationen der Zeitreihen Rothrist Punkt 751 Temperatur_Höhe

Die in Abb. 1 dargestellten Kreuzkorrelationen beziehen sich auf zwei Zeitreihen, wobei die eine Reihe Temperaturwerte enthält und die andere trigonometrisch gemessene Höhenwerte. Diese Werte wurden stündlich erhoben. Aus Abb. 1 ist ersichtlich, dass der Höhenwert der Temperatur mit einer zeitlichen Verschiebung von 11.8 Stunden hinterherläuft (rote Kurve = trendbereinigte Kreuzkorrelation, blaue Kurve = Kreuzkorrelation mit Trend). Ebenfalls ist die Tagesperiode von 24 Stunden im Datenmaterial deutlich erkennbar.

In den Messdaten stecken oftmals mehr Informationen als vermutet, daher wird oft auch von verborgenen Schätzen in unseren Messdaten gesprochen. Die erweiterte Programmversion ermöglicht es, einen Teil dieser verborgenen Daten zu visualisieren und dient damit als erheblicher Mehrwert bei der Beurteilung der Daten und als Entscheidungsstützung für das weitere Vorgehen.

4. Optimierungen

In der Programmversion 3.0 wurden Verbesserungen realisiert, welche zur Stabilität des Programms und zur effizienteren Auswertung beitragen. Zum Beispiel wurde der LOESS-Algorithmus zur Ausreisserdetektion optimiert, was 2/3 der Rechenzeit einspart. Bei der Dateneingabe werden neu mögliche Fehler abgefangen.

Profile Summary
Generated 13-Aug-2012 08:59:57 using cpu time.

Function Name	Calls	Total Time	Self Time*	Total Time Plot (dark band = self time)
ausreisser_timeseries	1	15.834 s	0.249 s	
RLWRaSS	1	15.444 s	10.058 s	
ausreisser_timeseries_new	1	4.344 s	0.249 s	
RLWRaSS_new	1	4.079 s	3.469 s	

Abb. 1 Berechnungszeiten des LOESS-Algorithmus zur Ausreisserdetektion bei 1000 verwendeten Messwerten; Version 2.0 (oben), Version 3.0 (unten)

Die künftige Weiterentwicklung des Programms wird weitere, bisher verborgene Schätze in unseren Daten hervorbringen.

Autor: Nicolas Schenk nicolas.schenk@students.fhnw.ch
 Examinator: Prof. Dr. sc. math. B. Fischer beat.fischer@fhnw.ch
 Experte: Prof. Dr. A. Geiger alain.geiger@geod.baug.ethz.ch