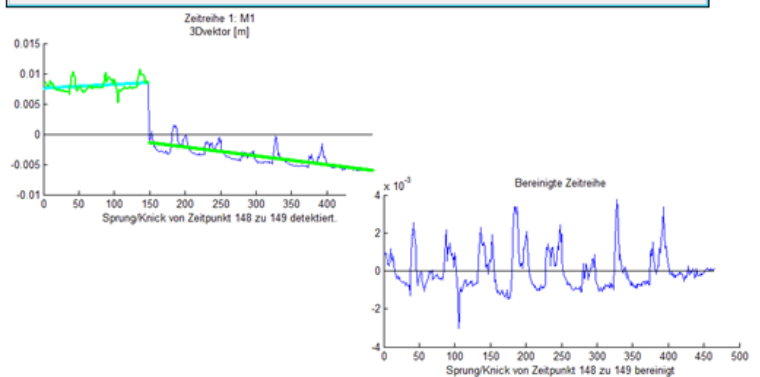
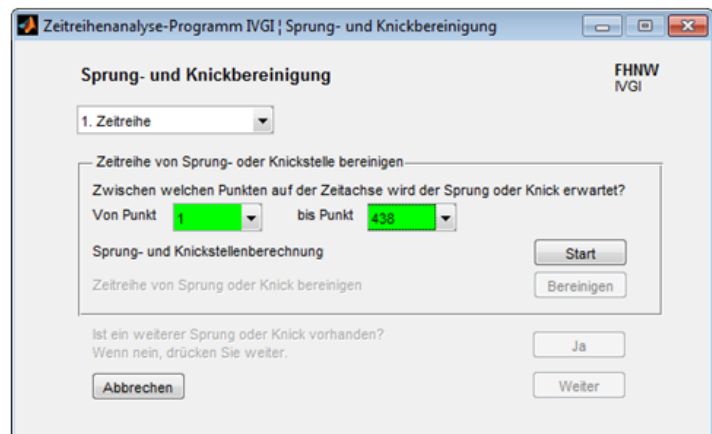


Bachelor-Thesis 2013

Zeitreihenanalyse von Monitoringdaten



Autor: Philipp Hefti

Examinator: Prof. Dr. Beat Fischer

Experte: Prof. Dr. Marcel Steiner

Zeitreihenanalyse von Monitoringdaten

Um die typischen Eigenheiten und Probleme bei der Auswertung von Monitoringdaten kennen zu lernen, entwickelt das IVGI seit 2010 das auf MATLAB® basierende "Zeitreihenanalyse-Programm IVGI". In dieser Bachelorarbeit ist dieses erweitert worden, damit auch Sprünge und Knicke in den Messdaten detektiert und bereinigt werden können. Weiter wurden Monitoringdaten aus zwei Projekten analysiert.

Schlagworte: Zeitreihenanalyse, Sprungdetektion, Knickdetektion, Zeitreihenanalyse-Programm IVGI, Auswertung Monitoringdaten.

1. Einleitung

Heutige Monitoringsysteme ermöglichen eine vollautomatische Überwachung von Objekten. Mithilfe der Zeitreihenanalyse kann eine Prognose für zukünftige Messungen berechnet werden, um bei einer unerwarteten Bewegung alarmieren zu können. Damit eine Zeitreihenanalyse durchgeführt werden kann, sind bereits bei der Aufnahme der Daten einige Punkte zu berücksichtigen. Beispielsweise muss darauf geachtet werden, dass die Messungen auf einen Punkt immer im gleichen Takt ausgeführt werden. Weitere zu beachtende Punkte sind in der Bedienungsanleitung des Programms zu finden. Werden all diese Punkte berücksichtigt, kann trotzdem noch keine Zeitreihenanalyse durchgeführt werden, solange Sprünge oder Knicke im Datensatz vorhanden sind.

2. Zeitreihenanalyse-Programm IVGI Version 4.0

Nebst ein paar behobenen Mängeln zeichnet sich die aktuelle Version vor allem durch die neue Sprung- und Knickbereinigung aus. Als Sprung wird in einer Zeitreihe eine plötzliche, bleibende Änderung der Messwerte verstanden. Ein Knick ist gegeben, wenn nach einem bestimmten Zeitpunkt die Zeitreihe mit einer geänderten Steigung weiterläuft. In der Literatur ist keine fertige Lösung für die automatische Detektion von Sprüngen oder Knicken in mit Rauschen behafteten Zeitreihen zu finden. In dieser Arbeit sind deshalb zuerst verschiedene Verfahren getestet worden, um danach das erfolgversprechendste in das Programm zu implementieren.

3. Sprung und Knickbereinigung

Das gewählte Verfahren beruht auf der linearen Regression mit Dummy-Variablen. Dem Programm wird der Bereich der Zeitreihe angegeben, in welchem ein Sprung oder Knick erwartet wird. In diesem Bereich werden danach iterativ alle möglichen zwei Geraden in die Zeitreihe eingepasst. Die beiden Geraden, die nach diesem Prozess am besten in den Verlauf der Zeitreihe passen, werden angezeigt und liegen im Idealfall vor und nach dem Sprung oder Knick. Um die Sprung- und Knickdetektion zu verbessern wurden Versuche durchgeführt, bei denen die Beobachtungen gewichtet worden sind. Dabei stellte sich heraus, dass die Gewichtung das Verfahren nicht verbessert. Weiter wurde mit t-Tests

versucht, die Sprung- und Knickbereinigung zu automatisieren. Das Programm sollte anhand der Tests automatisch erkennen, ob ein signifikanter Sprung oder Knick in der Zeitreihe vorhanden ist. Die angewendeten Tests führten nicht zum gewünschten Resultat und es blieb bei der halbautomatischen Variante, bei der selbst entschieden werden muss ob es sich um einen Sprung oder Knick handelt. Die Sprung- und Knickbereinigung kann solange wiederholt werden, bis keine Sprünge oder Knicke mehr in der Zeitreihe zu erkennen sind.

4. Auswertung von Monitoringdaten

Mit dem erweiterten Programm wurden Monitoringdaten aus zwei Projekten ausgewertet. Im Projekt Zimmerwald wurden zwei neun Meter hohe Masten im Halbstundentakt mit einem Tachymeter beobachtet. Während den Beobachtungen kam es zu einer Verschiebung eines Fixpunktes, der zur Positionierung des Tachymeters diente. Dadurch entstanden Sprünge in den aufgezeichneten Zeitreihen. Mit der neuen Sprung- und Knickdetektion konnten diese Sprünge gefunden und bereinigt werden. Dadurch war es möglich, die periodischen Anteile in der Zeitreihe zu erkennen und das Messrauschen zu untersuchen. Die beobachteten Punkte, oben an den Masten, zeigen Bewegungen von rund ± 3 mm in Abhängigkeit des Sonnenstandorts auf. Zwischen der Temperatur und der Höhenveränderung der Masten konnte kein zeitlicher Versatz festgestellt werden. Die Masten reagieren ohne grosse Zeitverzögerung auf einen Temperaturänderung.

Die Daten des zweiten Projekts stammen aus einem Braunkohletagbau. Es wurden Distanzen über drei Kilometer gemessen. Dabei kam es öfters vor, dass ein Punkt nicht gemessen werden konnte. Dadurch entstanden teils Messlücken über mehrere Tage, in denen keine Daten registriert wurden. Treten solch grosse Lücken auf, können die Zeitreihen in diesen Bereichen nicht ausgewertet werden. Um Zeitreihen auswerten zu können, müssen die Zeitstempel immer im selben Takt aufgetragen sein. Fehlende Messungen sind in der Zeitreihe auch abzuspeichern (z.B. als leerer Wert oder "NaN"). Sollen Zeitreihen miteinander verglichen und eine Kreuzkorrelation berechnet werden können, ist es nötig, dass die Zeitstempel synchronisiert sind. Da die Daten dieses Projekts auch solche kleineren Lücken aufweisen und die Zeitstempel nicht immer synchron sind, mussten die Zeitreihen zeitaufwändig aufbereitet werden, bevor die Durchführung der Zeitreihenanalyse möglich war. In dieser Bachelor-Thesis wurde bereits an einem Konzept gearbeitet, wie die Aufbereitung der Messreihen mit Hilfe eines Programms schneller durchgeführt werden könnte. In den ausgewerteten Zeitreihen, welche wegen den grossen Datenlücken nur aus einem Teilstück der gesamten Zeitreihe bestehen, konnte jeweils ein steigender Trend der gemessenen Distanzen festgestellt werden. Dies bedeutet, dass die Punkte in dieser Zeitspanne einer kontinuierlichen Rutschung ausgesetzt waren.

Autor:	Philipp Hefti	ph.hefti@bluewin.ch
Examinator:	Prof. Dr. Beat Fischer	beat.fischer@fhnw.ch
Experte:	Prof. Dr. Marcel Steiner	marcel.steiner@fhnw.ch