

**7. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
19. - 21. Oktober 2007 in
München**



**„Gait-CAD – eine MATLAB-Toolbox zur automatisierten
Zeitreihenauswertung“**

Markus Reischl, Ole Burmeister, Ralf Mikut
Forschungszentrum Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen, Deutschland
E-Mail: markus.reischl@iai.fzk.de

Copyright: VDI Verlag GmbH
Band: Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 267 „Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin, 7. Workshop, Tagungsband“
Editors: Ralf Tita, Robert Riener, Martin Buss, Tim C. Lüth
ISBN: 978-3-18-326717-0
Pages: 69-70

Gait-CAD – eine MATLAB-Toolbox zur automatisierten Zeitreihenauswertung

Markus Reischl, Ole Burmeister, Ralf Mikut

Forschungszentrum Karlsruhe

76344 Eggenstein-Leopoldshafen

markus.reischl@iai.fzk.de

1 EINLEITUNG

Aufgrund seiner umfangreichen Möglichkeiten zur Parameterschätzung, Signalanalyse, Simulation, Statistik, Optimierung und Modellbildung hat sich Matlab im automatisierungstechnischen Umfeld als Simulationsplattform durchgesetzt. Matlab eignet sich aufgrund seiner Visualisierungsmöglichkeiten und einfachen Verarbeitung von Datenstrukturen insbesondere zur Auswertung und Darstellung umfangreicher, komplizierter Zeitreihen, wie sie häufig bei Messungen in der Medizin anfallen. Allerdings fehlt bislang eine einheitliche und komfortable Entwicklungs- und Anwendungsplattform für Algorithmen zur Zeitreihenauswertung, was einerseits einen Variantenvergleich verschiedener Algorithmen erschwert, andererseits insbesondere in der Medizintechnik zu Abneigungen seitens der Mediziner führt. Deshalb stellt dieser Beitrag die neu entwickelte MATLAB-Toolbox Gait-CAD vor, die mit Fokus auf die retrospektive und automatisierte Auswertung von beliebigen Zeitreihen bereits mehrfach auf medizintechnische Fragestellungen (Diagnose, Steuerungsentwurf etc.) angewendet wurde.

2 MATERIALIEN UND METHODEN

Die frei verfügbare Matlab-Toolbox Gait-CAD wurde als offene Entwicklungsplattform entwickelt (Abb. 1).

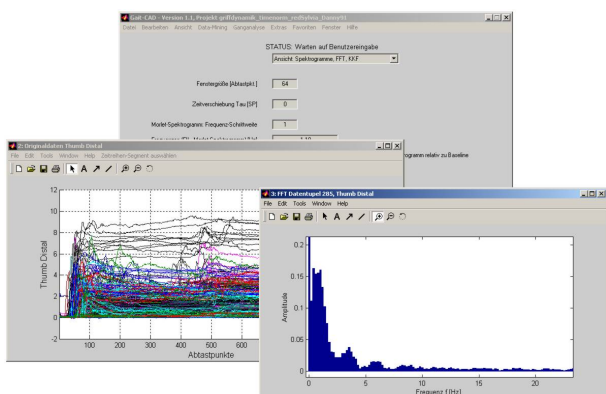


Abb. 1: Beispielhafte Darstellung der grafischen Benutzeroberfläche von Gait-CAD

Sie kann unter <http://www.iai.fzk.de/projekte/biosignal/> unter dem Button Downloads bezogen werden und stellt eine grafische Benutzeroberfläche zum Zugriff auf MATLAB-Standardfunktionen, freie Toolboxen zur Datenanalyse und eigene Algorithmen zur Verfügung [Mikut06a].

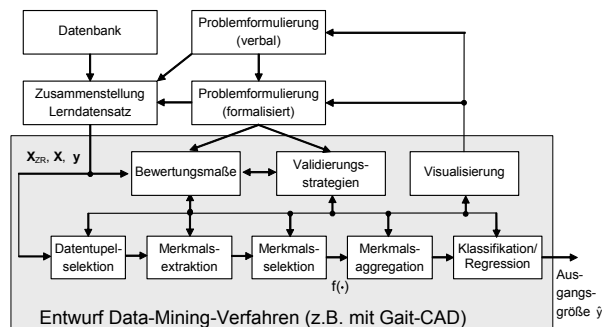


Abb. 2: Schematische Darstellung der Signalverarbeitungskette in Gait-CAD

Um eine Datenauswertung zu betreiben, ist es nach Abb. 2 grundsätzlich notwendig, ein verbal formuliertes Problem vorab zu formalisieren und daraus in Kombination mit gemessenen Daten einer Datenbank einen Lerndatensatz für alle nachfolgenden Verfahren zusammenzustellen. Gait-CAD bietet nun die Möglichkeit der Visualisierung der Daten und zeigt so (teils automatisch) mögliche Messfehler, fehlende Werte, Ausreißer und Fehlklassifikationen auf.

Mit der Datentupelselektion lassen sich entsprechende Datentupel aussortieren, um die nachfolgenden Ergebnisse nicht zu verfälschen.

Eine Merkmalsextraktion dient dazu, Merkmale und Merkmalskombinationen zu berechnen. Deren Berechnungsvorschriften sind als Plug-Ins hinterlegt und können vom Anwender beliebig modifiziert werden. Aus allen berechneten Merkmalen wählt die Merkmalsselektion die für eine Aufgabenstellung wichtigsten aus. Eine Merkmalsaggregation (z.B. Diskriminanzanalyse, Hauptkomponentenanalyse, ICA - Independent Component Analysis) ermöglicht eine weitere Reduktion des Merkmalsraums durch Transformation der Merkmale. In den Merkmalsräumen können Klassifikatoren schließlich nach geeigneten Klassengrenzen suchen. Je nach Problemstellung (effiziente Berechnung \leftrightarrow hohe Genauigkeit) sind hier vielfältige Algorithmen (Support Vektor Maschinen, Neuronale Netze, Bayes Klassifikatoren u.v.m.) hinterlegt.

Allen Entwurfsschritten (Merkmalsselektion \rightarrow Klassifikation) liegen Bewertungsmaße zugrunde, die der Anwender von Gait-CAD entweder aus einer vorgegebenen Liste auswählen oder manuell erweitern kann. Zur Absicherung aller Ergebnisse sind zahlreiche Möglichkeiten zur Validierung (Crossvalidierung, Bootstrap

etc.) implementiert. Ergebnisse lassen sich in Form von Listen oder Bildern darstellen. Zudem sind Möglichkeiten der automatischen Dokumentation der Ergebnisse implementiert.

Um den Aufwand für spätere Arbeiten am gleichen Datensatz zu reduzieren und das Risiko von Übertragungsfehlern zu minimieren, wurden schließlich Makros zur automatisierten Auswertung und Ergebnisprotokollierung implementiert.

3 ERGEBNISSE

3.1 Myoelektrische Signalauswertung

Dieses Projekt beschreibt die Steuerungsentwicklung für myoelektrische Handprothesen [Reischl06]. Anhand von am Patienten gemessenen Daten wird vollautomatisch an den Patienten angepasster Quelltext für Prothesen-Mikrocontroller generiert. Hierfür werden die Patientendaten nach auftretenden Charakteristiken segmentiert. Für jedes Segment werden Merkmale berechnet, die selektiert, aggregiert und schließlich einem Bayes-Klassifikator übergeben werden. Nach Abschluss des Entwurfs wird der vollständige Steuerungsentwurf als C-Quelltext ausgegeben.

3.2 Ganganalyse

In der Ganganalyse werden Bewegungsabläufe analysiert und zur Diagnose von Krankheiten verwendet [Loose04]. Es werden Trajektorien von Gelenken, Kontaktkräfte und –momente sowie Muskelsignale aufgezeichnet und Merkmale für elf Segmente der Zeitreihen extrahiert. Mit Hilfe des MANOVA-Verfahrens werden dann Patientengruppen miteinander verglichen. So werden Diagnosen durch die Klassifikation von Patienten und Probanden quantifiziert und Therapieerfolge durch die Klassifikation von Patienten vor und nach der Therapie analysiert.

3.3 Brain-Computer-Interfaces

Diese Arbeit entwirft automatisiert einen Algorithmus zur Erkennung von vorgestellten linken oder rechten Handbewegungen anhand von EEG-Signalen [Burmeister06]. Aus den Signalen von zwei EEG-Elektroden werden als Merkmale relative Bandleistungen extrahiert und anschließend mit dem MANOVA-Verfahren bewertet. Eine Support-Vektor-Maschine oder ein Bayes-Klassifikator werden dann zur Klassifikation verwendet.

3.4 Elektroneurographie (ENG)

In [Mikut06b] werden mechanische Stimuli anhand von neuroelektrischen Signalen im Tierversuch lokalisiert. Zwei ENG-Zeitreihen werden um Artefakte bereinigt. Anschließend müssen Merkmale extrahiert und bewertet werden, um die besten einem geeigneten Klassifikator zuzuführen. Die Bereinigung um Artefakte basiert auf der Erstellung von Kurzzeitspektrogrammen, die Störgrößen identifizieren. Merkmale ergeben sich aus gleichgerichteten Butterworth-Bandpässen. Um die besten Merkmale auszuwählen, kommt das MANOVA-Verfahren zum Einsatz. Die Klassifikation erfolgt mit einer Support-Vektor-Maschine.

3.5 Sonstige Anwendungen

Neben medizintechnischen Fragestellungen wurde Gait-CAD bereits erfolgreich auf Probleme in der Automobil-, Energie- und Sensorentwicklung angewendet [Mikut07].

4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Gait-CAD erleichtert insbesondere durch seine starke Orientierung auf die Visualisierung von Rohdaten, Zwischen- und Endergebnissen eine interaktive Arbeitsweise. Somit gelingt oftmals ein Einblick in die strukturellen Eigenheiten der jeweiligen Aufgabenstellung, um Ursachen für unbefriedigende Ergebnisse zu verstehen und die Auswertung gezielt zu verbessern.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken an dieser Stelle den Mitarbeitern, Studenten und Anwendern von Gait-CAD – insbesondere Herrn Loose und Herrn Braun – sowie der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), die im Rahmen des Projektes "Diagnoseunterstützung in der Ganganalyse" und des SFBs 588 "Humanoide Roboter" zur Entwicklung von Gait-CAD beitrug.

LITERATURHINWEISE

[Burmeister06]

Burmeister, O.; Reischl, M.; Gröll, L.; Mikut, R.: Zeitvariante Klassifikatoren zur Steuerung von Brain Machine Interfaces und Neuroprothesen. at – Automatisierungstechnik 54(11) (2006), S. 537–545.

[Loose04]

Loose, T.; Dieterle, J.; Mikut, R.; Rupp, R.; Abel, R.; Schablowski, M.; Bretthauer, G.; Gerner, H. J.: Automatisierte Interpretation von Zeitreihen am Beispiel von klinischen Bewegungsanalysen. at – Automatisierungstechnik 52 (2004), S. 359–369.

[Mikut06a]

Mikut, R.; Burmeister, O.; Reischl, M.; Loose, T.: Die MATLAB-Toolbox Gait-CAD. Proc., 16. Workshop Computational Intelligence, S. 114–124. Universitätsverlag Karlsruhe. 2006.

[Mikut06b]

Mikut, R.; Krüger, T.; Reischl, M.; Burmeister, O.; Rupp, R.; Stieglitz, T.: Regelungs- und Steuerungskonzepte für Neuroprothesen am Beispiel der oberen Extremitäten. at – Automatisierungstechnik 54(11) (2006), S. 523–536.

[Reischl06]

Reischl, M.: Ein Verfahren zum automatischen Entwurf von Mensch-Maschine-Schnittstellen am Beispiel myoelektrischer Handprothesen. Dissertation, Universität Karlsruhe, Universitätsverlag Karlsruhe. 2006.

[Mikut07]

Mikut, R.; Burmeister, O.; Grube, M.; Reischl, M.; Bretthauer, G.: Interaktive Auswertung von aufgezeichneten Zeitreihen für Fehlerdiagnosen und Mensch-Maschine-Interfaces. atp – Automatisierungstechnische Praxis (im Druck) 49(7). 2007.