LUND UNIVERSITY

Numerical and Symbolic Methods for Dynamic Optimization

Magnusson, Fredrik

2016

Document Version:
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link to publication

Citation for published version (APA):
Magnusson, F. (2016). *Numerical and Symbolic Methods for Dynamic Optimization*. [Doctoral Thesis (monograph), Department of Automatic Control]. Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology, Lund University. https://www.control.lth.se/media/2016/dynopt_thesis_web.pdf

Total number of authors:
1

General rights
Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.
• Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
• You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
• You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: https://creativecommons.org/licenses/

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Metoder för optimering av heterogena system

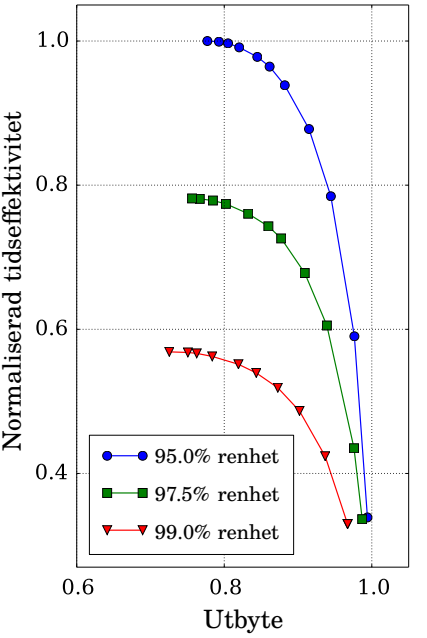
Fredrik Magnusson

Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Numerical and Symbolic Methods for Dynamic Optimization*, november 2016. Avhandlingen kan laddas ner från: `http://www.control.lth.se/publications`

Människan har i årtusenden använt matematik för att beskriva fysikaliska fenomen, vilket kallas för *matematisk modellering*. Genom att analysera dessa modeller kan man få insikt i hur ett system beter sig, förutsatt att den matematiska modellen tillräckligt väl beskriver verkligheten. Med datorns hjälp har det öppnats nya möjligheter för vilka typer av modeller vi kan analysera och även hur vi analyserar dem.

Den vanligaste användningen av matematiska modeller är så kallad *simulering*, då en dator använder *numeriska metoder* för att beräkna hur ett system beter sig. Reglertekniken har dock större ambitioner än så: Inom reglerteknik används matematiska modeller för att beräkna hur vi bäst kan reglera eller manipulera ett system för att få det att bete sig som önskat. Metoder för detta är ofta baserade på *optimering*, då man söker ett optimum av en *målfunktion*, som beskriver systemets prestanda, samtidigt som man uppfyller en uppsättning *bivillkor*. Ett exempel på detta är rening av ämnen i läkemedelsindustrin, där man vill maximera produktionseffektivitet under bivillkoret att produkten uppnår en viss procentuell renhet. Detta är en av tillämpningarna av avhandlingens beräkningsmetoder som studerats.

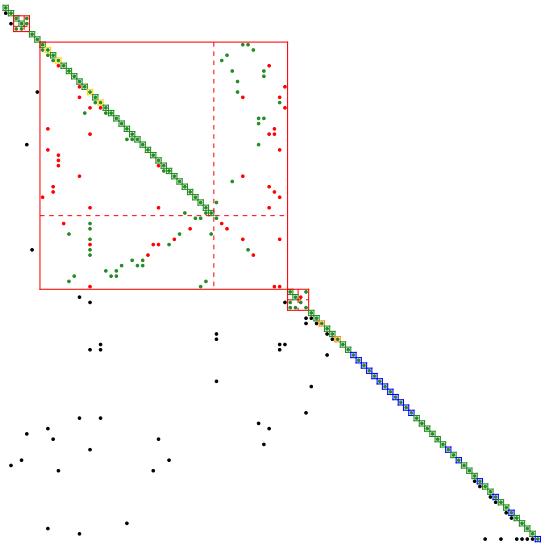


Avvägning mellan renhet samt optimal tidseffektivitet och utbyte för rening av läkemedelsämnen. Varje punkt längs varje kurva är i någon bemärkelse optimal.

I denna tillämpning kan effektivitet mätas på två sätt: Antingen som mängden renat material som produceras per tidsenhet, d.v.s. tidseffektivitet, eller som andelen av produkten som kvarstår efter rening, så kallat utbyte. Man behöver alltså göra en avvägning mellan tre konkurrerande storheter: renhet, tidseffektivitet och utbyte. Metoderna som utvecklas i avhandlingen används för att göra denna avvägning på ett optimalt sätt.

Det har de senaste decennierna utvecklats kraftfulla datorspråk för att beskriva matematiska modeller av storskaliga fysikaliska system. Ett av dessa språk är *Modelica*, en av vars styrkor är möjligheten att modellera system med komponenter från flera olika fysikaliska domäner – såsom elektronik, termodynamik och mekanik – d.v.s. *heterogena* system. Parallellt med Modelica har det även utvecklats metoder för att effektivt simulera sådana system, vilket gör att personen som tar fram sin matematiska modell knappt behöver oroa sig över huruvida den är praktiskt användbar ur ett beräkningsperspektiv. Men som lätt inses så är det betydligt svårare att optimera ett system än att simulera det. Den här avhandlingen handlar om att öka möjligheterna att optimera ett system beskrivet i Modelica. Avhandlingen bidrar genom att ta mänskligheten lite närmare det ouppnåbara tillstånd där Modelica-modeller som är lämpliga för simulering även kan användas för optimering.

Effektiva metoder för storskaliga system handlar ofta om att utnyttja en repetitiv struktur i systemet. Men det ligger i sakens natur att heterogena system saknar någon uppenbar struktur som kan utnyttjas. Detta löses i avhandlingen genom att utveckla *symboliska* metoder som detekterar problemstruktur, genom att klassificera och sortera ekvationer samt variabler. Dessa metoder är inspirerade av sådana som ofta används för simulering av Modelica-modeller, men konventionellt inte används för optimering. Det visar sig att dessa metoder inte bara är fördelaktiga vid optimering med Modelica-modeller, utan även för vissa matematiska modeller utan särskild koppling till Modelica.



Grafisk representation av klassificering och sortering av ekvationer samt variabler.