

Ausgewählte Themen der nichtlinearen Optimierung

Felix Jost

Sebastian Sager Tobias Weber

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Seminar Sommersemester 2016

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung

Seminar Nichtlineare Optimierung

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106 (bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?

Seminar Nichtlineare Optimierung

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106
(bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106
(bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern
- Voraussetzung: Nichtlineare Optimierung
M. Ulbrich, S. Ulbrich. Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012.

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106
(bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern
- Voraussetzung: Nichtlineare Optimierung
M. Ulbrich, S. Ulbrich. Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012.
- Lehrbücher/paper: Englisch. Folien/Vortrag: Englisch (45-60min)

Seminar Nichtlineare Optimierung

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106
(bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern
- Voraussetzung: Nichtlineare Optimierung
M. Ulbrich, S. Ulbrich. Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012.
- Lehrbücher/paper: Englisch. Folien/Vortrag: Englisch (45-60min)

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106
(bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern
- Voraussetzung: Nichtlineare Optimierung
M. Ulbrich, S. Ulbrich. Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012.
- Lehrbücher/paper: Englisch. Folien/Vortrag: Englisch (45-60min)
- Themenübersicht

- Ziel: Vertiefung in verschiedene Themen der nichtlinearen Optimierung
- 1 Termin pro Woche (max. 11), Di 07:30h-09:00h, G02-106 (bei geringer Anzahl auch Blockkurs möglich)
Ist der Termin zu früh ?
- Erarbeiten eines Vortrages auf Basis von Lehrbüchern und Papern
- Voraussetzung: Nichtlineare Optimierung
M. Ulbrich, S. Ulbrich. Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012.
- Lehrbücher/paper: Englisch. Folien/Vortrag: Englisch (45-60min)
- Themenübersicht
- Kurze Beschreibung der Themen mit Literaturempfehlungen. Es wird empfohlen, eigenständig weitere Quellen zu identifizieren und zu nutzen!

- 1 *cg-Methods*
- 2 *Active set methods for NLPs with vanishing constraints*
- 3 *Penalty and Augmented Lagrangian Methods*
- 4 *SQP with indefinite Hessian approximations*
- 5 *BFGS-SQP Method for Nonsmooth, Nonconvex, Constrained Optimization*
- 6 *Interior-point filter line-search algorithm for NLP*
- 7 *A dual Newton strategy for the efficient solution of sparse QPs arising in SQP-based nonlinear MPC*
- 8 *Global optimization method*
- 9 *Robust optimization*

1. cg-Methods

Contents:

- Short introduction to linear methods
- Focus on nonlinear methods
- Current research area

Literature references:

- J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization, Springer, 2006. Ch. 5, pp. 101–133.
- Published paper about new research results on the field of nonlinear cg-methods

2. Active set methods for NLPs with vanishing constraints

Contents:

- General approach (Lehrbuch)
- Introduction of vanishing constraints
- QPs with vanishing constraints
- Primal-dual parametric active set method
- Relationship to SQP is secondary

Literature references:

- C. Kirches, A. Potschka, H.G. Bock and S. Sager. A parametric active set method for quadratic programs with vanishing constraints.

3. Penalty and Augmented Lagrangian Methods

$$\min_x f(x) + \alpha \cdot \pi(x)$$

Contents:

- ℓ_1 penalty method
- ℓ_2 penalty method
- Convergence, conditioning, reformulation

Literature references:

- J. Nocedal, S.J. Wright. Numerical Optimization, Springer, 2006. Ch. 5, pp. 497–527.

4. SQP with indefinite Hessian approximations

Contents:

- SQP algorithm
- Schur-complement variant of the QP solver qpOASES
- Block-diagonal Hessian approximation by combination of SR1 and BFGS updates
- Filter line search method (Handling indefinite Hessians)

Literature references:

- D. Janka. Sequential quadratic programming with indefinite Hessian approximations for nonlinear optimum experimental design for parameter estimation in differential–algebraic equations. PhD Thesis. Heidelberg. (2015).
- D. Janka, C. Kirches, S. Sager and A. Wächter. An SR1/BFGS SQP algorithm for nonconvex nonlinear programs with block-diagonal Hessian matrix (2016).

5. BFGS-SQP Method for Nonsmooth, Nonconvex, Costrained Optimization

Contents:

- SQP method using BFGS updates and an exact penalty function (instead of costly gradient sampling)
- Steering strategy for penalty parameter μ
- Visualization tool for comparing algorithms (not only for nonsmooth ?)

Literature references:

- F.E. Curtis et. al. BFGS-SQP Method for Nonsmooth, Nonconvex, Costrained Optimization and its Evaluation using Relative Minimization Profiles. To appear in Optimization Methods and Software (2015).

6. Interior-point filter line-search algorithm for NLP

Contents:

- Algorithm
(step computation, filter line-search procedure, second-order correction)
- Restoration of filter procedure
- Several heuristics improving the performance

Literature references:

- A. Wächter and L.T., Biegler. On the implementation of an interior-point filter line-search algorithm for large-scale nonlinear programming. Math. Program., Ser. A (2005).

7. A dual Newton strategy for the efficient solution of sparse QPs arising in SQP-based nonlinear MPC

Contents:

- Short introduction of nonlinear MPC
- Dual Newton strategy for solving QPs
(Combination of interior point method and active-set method)

Literature references:

- J. Frasch, M. Vukov, H.J. Ferreau and M. Diehl. A dual Newton strategy for the efficient solution of sparse quadratic programs arising in SQP-based nonlinear MPC.
- J. Frasch. Parallel Algorithms for Optimization of Dynamic Systems in Real-Time. PhD Thesis, KU Leuven and U Magdeburg, 2014.

8. Global optimization method

Contents:

- Method: α Branch-and-Bound
- Looking for proofs of theorems/Proof Theorem 2.1
- Constraint handling
- Computation of α (Uniform/nonuniform diagonal shift approach)
- Refinement of classical α BB underestimator (second paper)

Literature references:

- C.S. Adjiman et. al. A global optimization method, α BB, for general twice-differentiable constrained NLPs - I. Theoretical advances. Computers Chem. Engng Vol.2 No. 9, pp. 1137-1158. (1998).
- C. A. Meyer and C. A. Floudas. Convex underestimation of twice continuously differentiable functions by piecewise quadratic perturbation: spline α BB underestimators.

9. Robust nonconvex optimization

Contents:

- Robust counterpart formulations leading to "min-max" or bilevel optimization problems
- Sequential Algorithms solving "min-max" or bilevel problems

Literature references:

- B. Houska. Robust Optimization of Dynamic Systems. Chapter 3-4. (2011).

Preliminary Schedule

- **Apr 19, 14:00: NAME**
Talk
- **Apr 26, 07:30: NAME**
Talk
- **May 3, 07:30: NAME**
Talk
- **May 10, 07:30: NAME**
Talk
- **May 17, 07:30: NAME**
Talk
- **May 24, 07:30: NAME**
Talk
- **May 31, 07:30: NAME**
maybe no talk
- **June 7, 07:30: NAME**
Talk
- **June 14, 07:30: NAME**
Talk
- **June 21, 07:30: NAME**
Talk
- **June 28, 07:30: NAME**
Talk
- **July 12, 07:30: NAME**
Talk

No seminar on July 05

- 1 *cg-Methods*
- 2 *Active set methods for NLPs with vanishing constraints*
- 3 *Penalty and Augmented Lagrangian Methods*
- 4 *SQP with indefinite Hessian approximations*
- 5 *BFGS-SQP Method for Nonsmooth, Nonconvex, Constrained Optimization*
- 6 *Interior-point filter line-search algorithm for NLP*
- 7 *A dual Newton strategy for the efficient solution of sparse QPs arising in SQP-based nonlinear MPC*
- 8 *Global optimization method*
- 9 *Robust optimization*