

# Generátor řešení minimálních problémů

Pavel Trutman

*Vedoucí práce: Ing. Tomáš Pajdla, Ph.D.*



Centrum strojového vnímání  
Katedra kybernetiky  
Fakulta elektrotechnická  
České vysoké učení technické v Praze

# Obsah

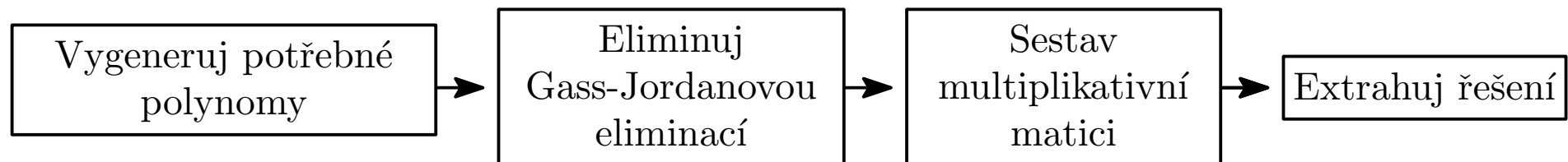
- ◆ Motivace
- ◆ Automatický generátor
- ◆ Implementovaná vylepšení
  - ◆ Víceeliminační postupy řešení
  - ◆ Rozklad matic
  - ◆ Algoritmus  $F_4$
- ◆ Experimenty

# Motivace

- ◆ Mnoho problémů v počítačovém vidění vede na řešení soustav polynomiálních rovnic
- ◆ Tyto soustavy je třeba řešit rychle → speciální postupy řešení
- ◆ Postupy řešení lze generovat automaticky → Automatický generátor [3]
- ◆ Cílem je vylepšit Automatický generátor [3], aby generoval rychlejší a stabilnější postupy řešení

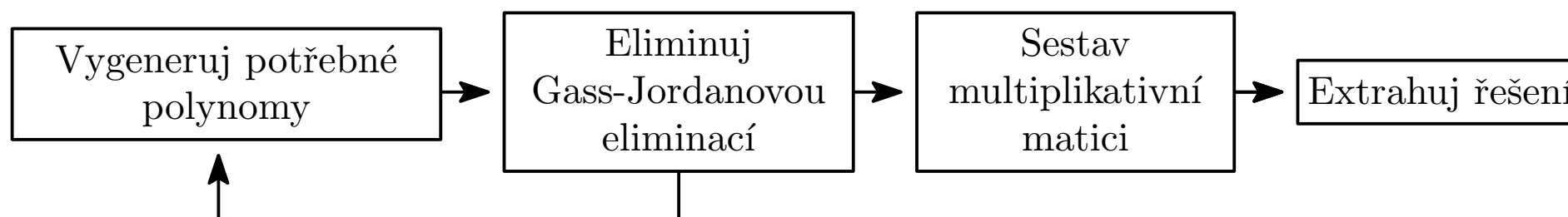
# Automatický generátor

- ◆ Z parametricky zadaných polynomiálních rovnic generuje postupy řešení, které umožňují tyto soustavy řešit pro konkrétní parametry
- ◆ Původní implementace [3] generuje jednoeliminační postupy řešení



# Víceeliminační postupy řešení

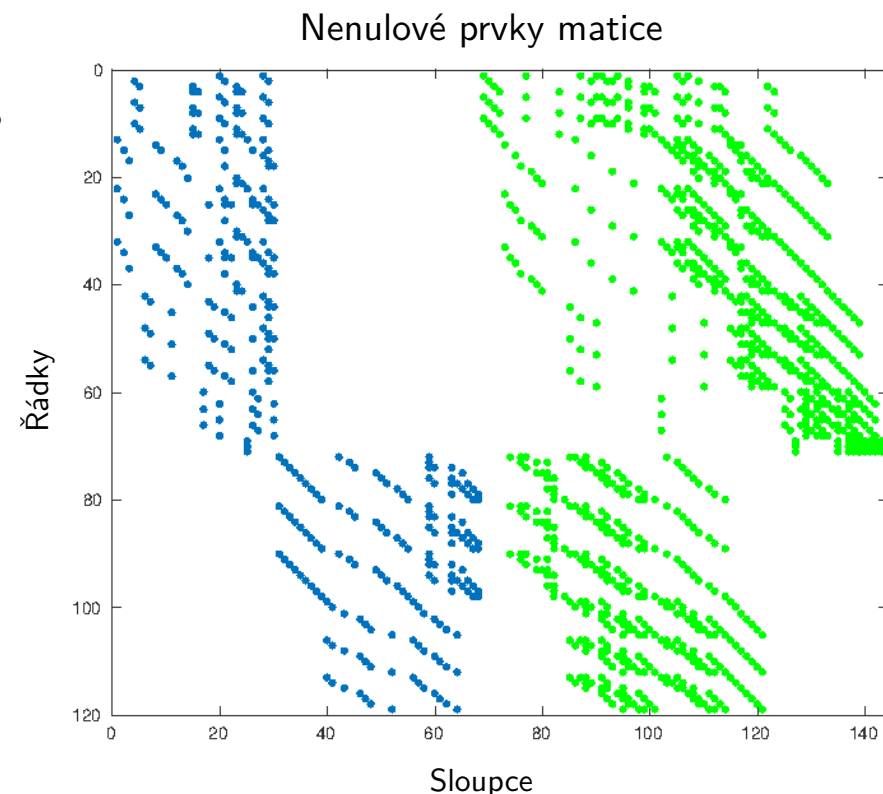
- ◆ Polynomy generujeme systematicky, ale pravidelně je redukuje pomocí Gauss-Jordanovy eliminace
- ◆ Počet eliminací lze jednoduše řídit
- ◆ Efektivní zvláště pro soustavy s velkým počtem neznámých



# Rozklad matic

- ◆ Automatický generátor často pracuje s řídkými maticemi
- ◆ Snaha zrychlit Gauss-Jordanovu eliminaci řídkých matic
- ◆ Vycházeli jsme z poznatků [2], že permutacemi sloupců a řádků lze matici převést do SBBD<sup>1</sup> tvaru
- ◆ Poté lze provést dvě eliminace polovičních matic místo jedné eliminace celé matice
- ◆ Teoretické zrychlení je  $n^3 \rightarrow 2 \left(\frac{n}{2}\right)^3$

[2] Z. Kukelova, M. Bujnak, J. Heller, T. Pajdla.  
Singly-bordered block-diagonal form for minimal  
problem solvers.



<sup>1</sup>Singly-bordered block-diagonal form

# Algoritmus $F_4$

- ◆ Algoritmus  $F_4$  [1] konstruuje Gröbnerovu bázi systému polynomů
- ◆ Nejprve jsme algoritmus implementovali v Maple, abychom jemu porozuměli a ověřili funkčnost implementace
- ◆ Algoritmus  $F_4$  jsme implementovali do Automatického generátoru [3]
- ◆ Znalost Gröbnerovy báze umožňuje vygenerovat pouze potřebné polynomy
- ◆ Uživatel si může vybrat, zda se polynomy budou generovat systematicky nebo s využitím algoritmu  $F_4$

[1] J.-C. Faugère. A new efficient algorithm for computing gröbner bases ( $f_4$ ).

[3] Z. Kukelova, M. Bujnak, T. Pajdla. Automatic generator of minimal problem solvers.

# Experiments

- ◆ Testovali jsme na minimálním problému "9-point relative pose different radial distortion problem" [4]
- ◆ Postupy řešení vygenerované novou implementací jsme srovnali s původní verzí Automatického generátoru
- ◆ Víceeliminační postupy řešení: zrychlení  $1,5\times$ , mírně zhoršená stabilita
- ◆ Postupy řešení s  $F_4$  strategií: zrychlení  $2\times$ , stejná stabilita
- ◆ Rozklad matic: další zrychlení o 20 % v obou případech, numerická stabilita zachována

[4] Z. Kukelova, M. Byröd, K. Josephson, T. Pajdla, K. Åström. Fast and robust numerical solutions minimal problems for cameras with radial distortion.



## Shrnutí

- ◆ Rozšířili jsme Automatický generátor [3]
- ◆ Generuje postupy řešení s více eliminacemi
- ◆ Zrychlení Gauss-Jordanových eliminací pomocí rozkladu matic
- ◆ Implementace algoritmu  $F_4$  [1] v Maple
- ◆ Možnost volby, zda se budou polynomy generovat systematicky nebo algoritmem  $F_4$  [1]
- ◆ Dosaženo dvojnásobného zrychlení generovaných postupů řešení pro vybraný problém [4]

## Děkuji za pozornost

[1] J.-C. Faugère. A new efficient algorithm for computing gröbner bases ( $f_4$ ).

[3] Z. Kukelova, M. Bujnak, T. Pajdla. Automatic generator of minimal problem solvers.

[4] Z. Kukelova, M. Byröd, K. Josephson, T. Pajdla, K. Åström. Fast and robust numerical solutions minimal problems for cameras with radial distortion.

# Použitá literatura

- [1] Jean-Charles Faugère. A new efficient algorithm for computing gröbner bases ( $f_4$ ). *Journal of pure and applied algebra*, 139(1–3):61–88, July 1999.
- [2] Zuzana Kukelova, Martin Bujnak, Jan Heller, and Tomas Pajdla. Singly-bordered block-diagonal form for minimal problem solvers. In *Computer Vision - ACCV 2014 - 12th Asian Conference on Computer Vision, Singapore, Revised Selected Papers, Part II*, pages 488–502. Springer International Publishing, November 12–18 2014.
- [3] Zuzana Kukelova, Martin Bujnak, and Tomas Pajdla. Automatic generator of minimal problem solvers. In *Proceedings of The 10th European Conference on Computer Vision, ECCV 2008*, October 12–18 2008.
- [4] Zuzana Kukelova, Martin Byröd, Klas Josephson, Tomas Pajdla, and Kalle Åström. Fast and robust numerical solutions to minimal problems for cameras with radial distortion. *Computer Vision and Image Understanding*, 114(2):234–244, February 2010.