

Kvalita regulace interpolačního řízení

Zdeněk Bouček¹

1 Úvod

Některé regulační úlohy vyžadují dodržování přídatných omezení s požadavkem na optimalitu řízení dle daného kritéria. Tento typ úlohy lze řešit jako tzv. problém optimálního řízení s omezeními. Řešení problému optimálního řízení je těžko dosažitelné a z tohoto důvodu je vhodné využít nějaké suboptimální řešení.

Prediktivní řízení (PŘ) je dnes standardní metodou, pomocí které lze takové řešení nalézt pro omezený postupný horizont (viz Borrelli et al. (2017)). Vedle PŘ je v Nguyen (2014) popsána metoda interpolačního řízení (IŘ), která je založena na interpolaci mezi optimálním regulátorem, který nerespektuje omezení a lze tedy snadno nalézt, a vertexovým řízením, které je schopno dodržovat omezení. Cílem práce je srovnat PŘ a IŘ na problému s diskretním lineárním časově invariantním systémem 2. řádu, kvadratickým kritériem a omezením na stav i řízení.

2 Interpolační řízení

IŘ je založeno na kombinaci dvou rozdílných metod. První metoda spočívá v dodržování kritéria optimality, ovšem bez ohledu na přídatná omezení. Řešením problému pro daný systém je lineární kvadratický regulátor. Pro tento typ řízení je třeba vytyčit podmnožinu stavového prostoru Ω_0 , kde lze použít řízení bez porušení podmínek.

Druhá metoda se nazývá tzv. vertexové řízení. Je definováno na množině dosažitelného stavového prostoru C_N , kde $\Omega_0 \subset C_N$. Pro všechny vrcholy této množiny je nalezeno maximální přípustné řízení s ohledem na daná omezení. Výsledný zákon řízení je dán poměrem vzdálenosti příslušných vrcholů a na nich definovaném řízení.

Zákon interpolačního řízení lze popsat jako

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}) = c \cdot \mathbf{u}_v(\mathbf{x}_v) + (1 - c) \cdot \mathbf{u}_0(\mathbf{x}_0), \quad (1)$$

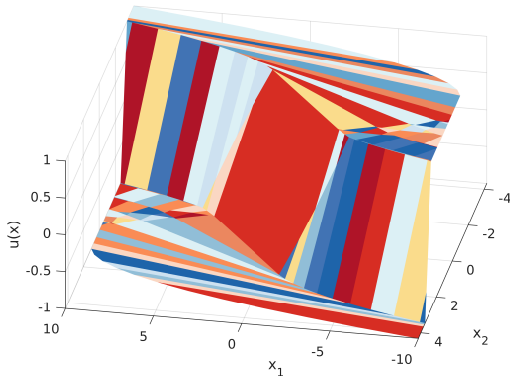
kde $\mathbf{x}_v \in C_N$ a $\mathbf{x}_0 \in \Omega_0$ je stav \mathbf{x} rozložený do příslušných množin podle interpolačního poměru c , \mathbf{u}_v a \mathbf{u}_0 je zákon vertexového a lineárního kvadratického řízení. V IŘ je volba optimálního interpolačního parametru c dána řešením jednoduchého lineárního programu. IŘ může v podmnožině $C_N \setminus \Omega_0$ dosahovat nízké kvality řízení, to lze řešit zavedením další množiny C_S takové, pro kterou platí $\Omega_0 \subset C_S \subset C_N$.

3 Srovnání kvality regulace interpolačního a prediktivního řízení

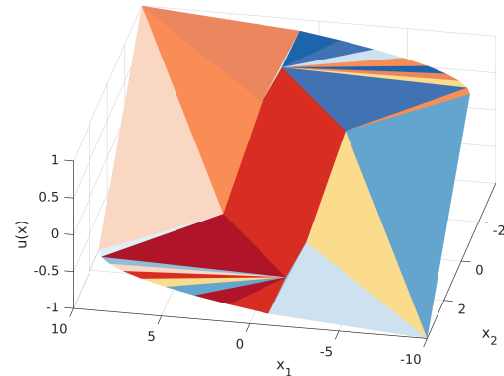
Kvalita řízení standardního IŘ a IŘ s vnořenou množinou C_S (dále jako IŘ2) bude srovnávána s metodou PŘ. V testech byla délka horizontu PŘ zvolena jako $N = 14$. Počáteční podmínky pro simulace byly zvoleny jako vrcholy množiny C_N a systém byl řízen do počátku.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Inteligentní adaptivní systémy, e-mail: zboucek@ntis.zcu.cz

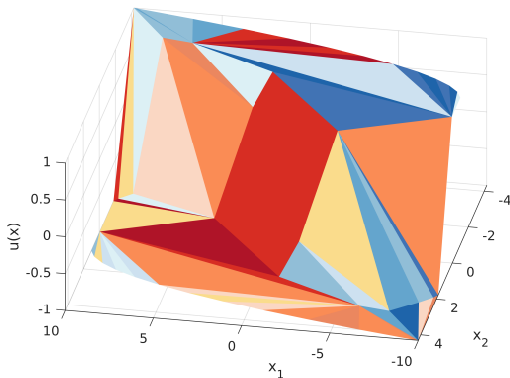
Zákony řízení byly získány v explicitní podobě parametrickým programováním pomocí Multi-Parametric Toolbox 3 (viz Herceg et al. (2013)) a jsou znázorněny na obrázcích 1-3. Lze vy- pozorovat, že zákon IŘ a IŘ2 je mnohem jednodušší než u PŘ. Vyhodnocení hodnot kritéria pro všechny počáteční podmínky je znázorněno v tabulce 1.



Obrázek 1: Explicitní zákon PŘ



Obrázek 2: Explicitní zákon IŘ



Obrázek 3: Explicitní zákon IŘ2

	\bar{J}	$\sigma^2(J)$	%
PŘ	$7,81 \cdot 10^2$	$2,51 \cdot 10^4$	-
IŘ	$8,71 \cdot 10^2$	$2,58 \cdot 10^4$	+11,52%
IŘ2	$7,81 \cdot 10^2$	$2,51 \cdot 10^4$	+0,00%

Tabulka 1: Vyhodnocení kritéria

Srovnáním metod vyplývá, že IŘ má při nižší komplexnosti horší kvalitu řízení oproti PŘ, IŘ2 však dosahuje srovnatelné kvality při zachování nižší komplexnosti.

V budoucnu bude zkoumána možnost úpravy IŘ pro regulační úlohu a případně úlohu sledování trajektorie.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovými projekty LO1506 a SGS-2019-020.

Literatura

- Borrelli, F., Bemporad, A., and Morari, M. (2017) *Predictive Control for Linear and Hybrid Systems*, Cambridge University Press.
- Herceg, M., Kvasnica, M., Jones, C.N., and Morari, M. (2013) Multi-Parametric Toolbox 3.0. *Proc. of the European Control Conference*, pp 502–510, Zurich, Switzerland.
- Nguyen, H.-N. (2014) *Constrained Control of Uncertain, Time-Varying, Discrete-Time Systems*, Lecture Notes in Control and Information Sciences. Springer International Publishing, Switzerland.