

# Návrh pokročilých algoritmů v úloze aktivní detekce chyb

Jan ŠKACH



Výzkumný tým pro identifikaci systémů a rozhodování (IDM)  
Katedra kybernetiky, Fakulta aplikovaných věd  
Západočeská univerzita v Plzni  
Plzeň, Česká republika  
janskach@kky.zcu.cz

Studentská vědecká konference FAV 2016

# Osnova

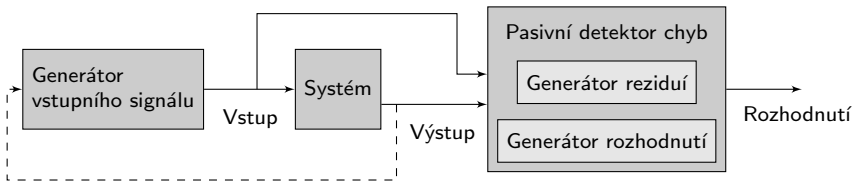
- 1 Úvod do detekce chyb
- 2 Možné aplikace
- 3 Řešení úlohy
- 4 Ilustrační příklad
- 5 Shrnutí

## Detekce chyb

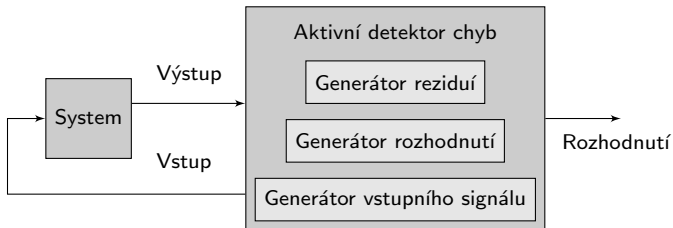
- Detekce náhlých změn a chyb zvyšuje *bezpečnost*, zachovává *kvalitu*, a snižuje *ekonomické náklady*.
- Existují dva přístupy k detekci chyb: pasivní a aktivní.
- **Pasivní detektor chyb** generuje rozhodnutí o chybách, není generován žádný signál do systému zvyšující kvalitu detekce.
- **Aktivní detektor chyb** generuje rozhodnutí a vhodně navržený vstupní signál, který **budí** systém a tím zvyšuje kvalitu detekce chyb.

# Detekce chyb

## Pasivní přístup (tradiční)



## Aktivní přístup (nový)



## Aktivní přístup



- Technical University of Denmark (H. Niemann)
- French Institute for Research in Computer Science and Automation (INRIA) (R. Nikoukhah, A. Ashari) & North Carolina State University (S. Campbell)
- University of Lorraine - Centre de Recherche en Automatique de Nancy (D. Sauter)
- Massachusetts Institute of Technology - Department of Chemical Engineering (R. Braatz) & Clemson University (J. Scott) & University of Pavia (D. Raimondo)
- Massachusetts Institute of Technology - Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory (B. Williams, L. Blackmore)
- Západočeská univerzita v Plzni - Výzkumný tým pro identifikaci systémů a rozhodování (I. Punčochář)

## Možné aplikace



### Stejnoseměrné motory s permanentním magnetem

- Tyto motory se používají například v řízení pohybu (dopravníkové systémy) nebo při kontrole kvality (tomografické systémy).
- **Aktivní detekce chyb** zvýšení odporu kotvy, únavy kartáče, nebo odpojení cívký od komutátoru v nízkofrekvenčním stejnosměrném motoru s permanentním magnetem je ukázána v [1].

### Vzduchotechnická jednotka (VZT)

- VZT je ústřední součástí systému vytápění, větrání a klimatizace budov. VZT se používá k filtrování, chlazení/ohřevu a zvlhčování/odvlhčování vzduchu. Důležitými prvky VZT je výkon a efektivita.
- **Aktivní detekce chyb** zablokované klapky VZT je diskutována v [2].

## Formulace úlohy a cíle

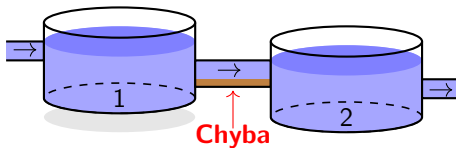
- Návrh aktivního detektoru chyb je formulován jako optimalizační úloha s obecným kritériem penalizujícím chybná rozhodnutí.
- Optimální řešení nelze nalézt analyticky, numerické řešení využívající dynamické programování nebo lineární programování je výpočetně extrémně náročné.
- **Cílem** je najít suboptimální řešení, které dosáhne kompromisu mezi kvalitou detekce a výpočetními nároky.

## Suboptimální řešení

- Klíčovým krokem je použití pokročilých algoritmů založených na on-line měření dat, inspirovaným zpětnovazebním učením a aproximačním dynamickým programováním.
- Řešení spočívá v přeformulování na úlohu s plně známým stavem (využívající algoritmus odhadu stavu) a pokročilý algoritmus iterativně vylepšující suboptimální řešení. Mezi úspěšně použité techniky patří temporální diference (*TD-learning*) a Q-učení.

# Ilustrace navrhovaného řešení

## Detekce chyb v systému spojených nádrží



- Model simuluje v praxi se nacházející systémy v chemickém průmyslu nebo vodním hospodářství.
- Úkolem je na základě zašuměného měření výšky hladiny ve druhé nádrži detekovat chybu zanesení průtokového potrubí mezi první a druhou nádrží, která se projeví změnou průřezu potrubí.



# Ilustrace navrhaného řešení

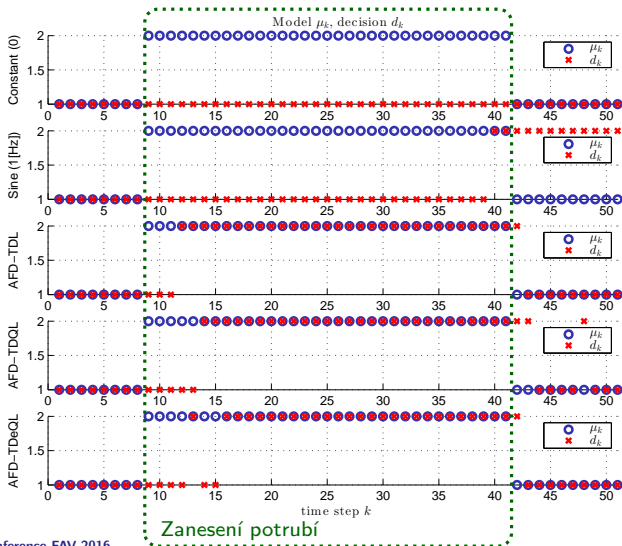
## Hodnocení navržených aktivních detektorů chyb

- Aktivní detektor chyb byl navržen pomocí TD učení (AFD-TDL), TD Q-učení (AFD-TDQL) a TD  $\epsilon$ -hladového Q-učení (AFD-TDeQL).
- Hodnocení nulového vstupního signálu (Constant (0)), vstupního signálu ve formě sinusoidy s amplitudou 0.01 a frekvencí 1 [Hz] (Sine (1 [Hz])) a jednotlivých aktivních detektorů z hlediska odhadu kritéria  $\hat{J}$  a výběrového rozptylu  $\text{var}\{\hat{J}\}$  je zobrazeno v tabulce.

Generátor vstupního signálu	$\hat{J}$	$\text{var}\{\hat{J}\}$
Constant (0)	1.2537	0.0043
Sine (1 [Hz])	1.2537	0.0044
AFD-TDL	0.4799	0.0009
AFD-TDQL	0.7000	0.0014
AFD-TDeQL	0.6897	0.0014

# Ilustrace navrhaného řešení

## Hodnocení navržených aktivních detektorů chyb



## Shrnutí a budoucí směr

- Výzkum je zaměřen na návrh pokročilých algoritmů, které umožňují najít řešení úlohy aktivní detekce chyb s rozumným kompromisem mezi kvalitou a výpočetní náročností.
- Budoucí práce se týká ověřování dosažených výsledků a diskusí na další možnosti řešení úlohy aktivní detekce chyb.

## Reference

- 1 Scott, J. K., Findeisen, R., Braatz, R. D., and Raimondo, D. M. (2014). Input design for guaranteed fault diagnosis using zonotopes. *Automatica*, 50(2014), 1580-1589.
- 2 Punčochář, I., Široký, J., and Šimandl, M. (2015). Constrained Active Fault Detection and Control. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 60(1), 253-258.

## Zdroje obrázků

- 1 DTU Logo, [http://www.dtu.dk/english/-/media/DTU-endk/About%20DTU/PRESS\\_ROOM/DTU-3.ashx?h=237&la=da&mw=460&w=162](http://www.dtu.dk/english/-/media/DTU-endk/About%20DTU/PRESS_ROOM/DTU-3.ashx?h=237&la=da&mw=460&w=162), Accessed: 2016-04-28.
- 2 INRIA Logo, [http://www.inria.fr/extension/site\\_inria/design/site\\_inria/images/logos/logo\\_INRIA.png](http://www.inria.fr/extension/site_inria/design/site_inria/images/logos/logo_INRIA.png), Accessed: 2016-04-28.
- 3 NCSU Logo, <https://brand.ncsu.edu/img/logo/brick2x2.jpg>, Accessed: 2016-04-28.
- 4 UL Logo, [http://www.univ-lorraine.fr/sites/www.univ-lorraine.fr/files/field/file/2012/06/ul\\_isotype\\_cmjn.jpg](http://www.univ-lorraine.fr/sites/www.univ-lorraine.fr/files/field/file/2012/06/ul_isotype_cmjn.jpg), Accessed: 2016-04-28.
- 5 MIT Logo, <http://web.mit.edu/img/mitlogo.gif>, Accessed: 2016-04-28.
- 6 Clemson Logo, <http://www.clemson.edu/brand/resources/logos/wordmark/orange-purple.png>, Accessed: 2016-04-28.
- 7 UWB visual style, <https://portal.zcu.cz/CoursewarePortlets2/DownloadDokumentu?id=39008>, Accessed: 2016-04-29.
- 8 MOOG Permanent Magnet DC Brush Motors, [http://www.moog.com/images/Products/Motors\\_Servomotors/Brush\\_Motors/C23\\_34\\_42\\_Motor\\_prod\\_banner\\_narrow.jpg](http://www.moog.com/images/Products/Motors_Servomotors/Brush_Motors/C23_34_42_Motor_prod_banner_narrow.jpg), Accessed: 2016-04-27.
- 9 Central AHU, [https://www.systemair.com/ImageVault/publishedmedia/mwc40yaux6z6xfxkfd7g/BA\\_AHU\\_02.jpg](https://www.systemair.com/ImageVault/publishedmedia/mwc40yaux6z6xfxkfd7g/BA_AHU_02.jpg), Accessed: 2016-04-27.