

# Aktivní detekce chyb a řízení

Jan Škach



Katedra kybernetiky, Fakulta aplikovaných věd  
Západočeská univerzita v Plzni  
Plzeň, Česká republika

Studentská vědecká konference FAV 2015

# Struktura prezentace

- 1 Úvod
- 2 Pasivní detekce chyb
- 3 Aktivní detekce chyb
- 4 Aktivní detekce chyb a řízení
- 5 Ilustrační příklady
- 6 Shrnutí

# Úvod

## Vybrané pojmy

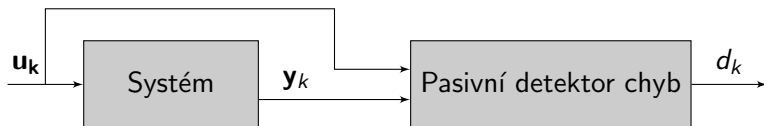
- **System** je soubor objektů, které tvoří celek. **Model** představuje popis systému (například matematický model).
- **Detekce změn** souvisí s rozhodnutím, který z modelů je nejbližší chování systému. **Detekce chyb** navíc předpokládá, že některá chování systému jsou nežádoucí.
- **Detektor** na základě hodnotící funkce generuje rozhodnutí o chybě v systému.
- **Dynamické programování** je soubor algoritmů, které transformují komplexní úlohy do posloupností jednodušších úloh [Bertsekas, 2000].

# Detekce chyb

## Detekce chyb

- Úkolem detekce chyb je co nejdříve rozpoznat nežádoucí chování systému.
- Detekce chyb může vést ke zvýšení bezpečnosti, kvality výroby nebo ke snížení nákladů.
- Detekce chyb se používá například v automobilovém průmyslu, letectví, chemickém průmyslu nebo energetice.
- Existují dva přístupy:
  - **pasivní** detekce chyb,
  - **aktivní** detekce chyb.

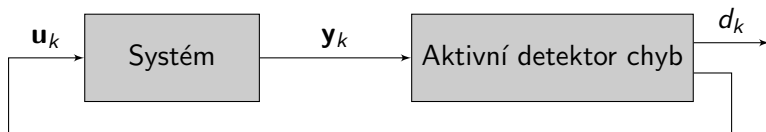
# Pasivní detekce chyb



## Pasivní detekce chyb

- Pasivní detektor využívá vstupně-výstupních dat systému k porovnání vstupně-výstupního chování s bezchybným chováním systému a generuje rozhodnutí, zda nastala chyba.
- V případě požadavků na řízení je obvykle regulátor navržen nezávisle na detektoru chyb.
- Pasivní detektor není schopný detekovat chyby, které se při běžném chodu systému nijak neprojevují.

# Aktivní detekce chyb (AFD)



## Aktivní detekce chyb

- Aktivní detekce chyb využívá zpětnou vazbu do systému.
- Aktivní detektor kromě rozhodnutí o chybě generuje navíc vstupní signál, který zvyšuje kvalitu detekce.
- V důsledku jsou detekovány i chyby, které se při běžném chodu systému nijak neprojevují.

# Aktivní detekce chyb (AFD)

## Aktivní detekce chyb

- Stejně jako v pasivní detekci i u aktivní detekce chyb existuje několik přístupů k návrhu detektoru:
  - množinový přístup (předpoklad omezených neurčitostí v systému),
  - pravděpodobnostní přístup (předpoklad pravděpodobnostního popisu nejistot v systému).
- Výzkum autora se zaměřuje na pravděpodobnostní přístup vycházející z formulace návrhu aktivního detektoru jako optimalizační úlohy [Šimandl and Punčochář, 2009].

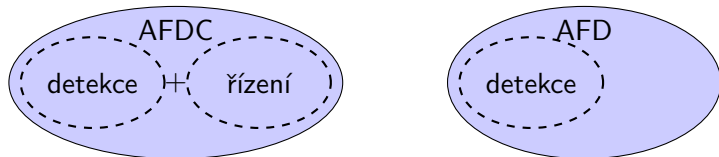
# Aktivní detekce chyb (AFD)

## Aktivní detekce chyb

- K řešení optimalizační úlohy návrhu aktivního detektoru chyb se využívá dynamické programování.
- Analytické řešení úlohy na nekonečném časovém horizontu detekce existuje pouze ve speciálních případech.
- K hledání řešení je zapotřebí použít různé aproximační postupy (příkladem je reprezentace Bellmanovy funkce v případě spojitého nebo velmi rozměrného stavového prostoru).



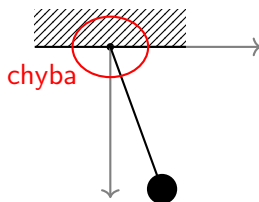
## Aktivní detekce chyb a řízení (AFDC)



### Aktivní detekce chyb a řízení

- Úloha detekce chyb může být navíc rozšířena o cíle řízení.
- Aktivní detektor chyb a regulátor generuje vstupní signál, který současně plní požadavky detekce chyb a řízení.
- Aktivní detektor chyb a regulátor jsou navrženy společně.

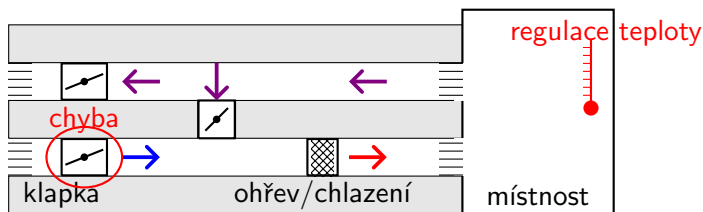
# Ilustrační příklady



## Úloha kyvadla

- Kyvadlo je relativně jednoduchým příkladem nelineárního systému, proto se často používá jako akademický příklad různých typů úloh.
- Cílem je navrhnout aktivní detektor chyb, který je schopen detekovat dočasnou chybu reprezentovanou změnou koeficientu tlumení v ložisku kyvadla [Šimandl et al., 2014]. Jedná se o úlohu AFD.

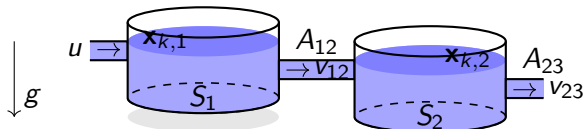
# Ilustrační příklady



## Klimatizace budovy

- Vzduchotechnická jednotka (AHU) systému klimatizace budovy umožňuje regulovat teplotu a další parametry vzduchu proudícího do vnitřních prostor budovy.
- Cílem je navrhnout aktivní detektor chyb a regulátor, který detekuje zaseknutou klapku AHU a zároveň reguluje teplotu vzduchu v místnosti na požadovanou hodnotu [Škach et al., 2014]. Jedná se o úlohu AFDC.

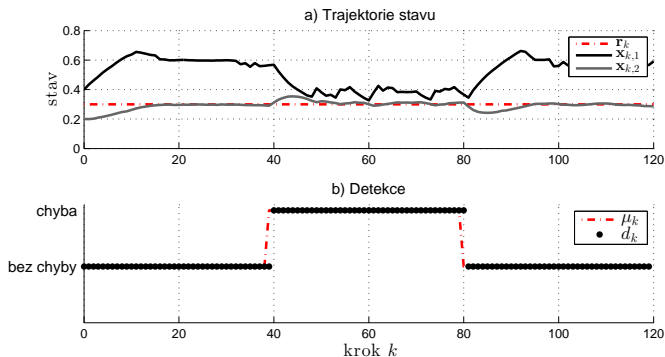
# Ilustrační příklady



## Spojené nádrže

- Spojené nádrže je možné uvažovat jako model přečerpávacích nádrží, další využití mohou najít v chemickém průmyslu.
- Cílem je navrhnout aktivní detektor chyb a regulátor, který detekuje zanesení výpusti druhé nádrže a zároveň reguluje výšku hladiny v druhé nádrži na konstantní hodnotu. Jedná se o úlohu AFDC.

# Ilustrační příklady



## Spojené nádrže

- Výška hladiny  $x_{k,2}$  v druhé nádrži sleduje konstantní referenční hodnotu  $r_k$  a zároveň rozhodnutí detektoru  $d_k$  sleduje model systému  $\mu_k$  (pozn.  $x_{k,1}$  je výška hladiny v první nádrži).

# Shrnutí

## Shrnutí

- V prezentaci byly uvedeny základní poznatky z oblasti AFD a dále byla úloha AFD ilustrována na numerických příkladech.
- Byla představena různá úskalí při řešení úlohy AFD.

## Budoucí práce

- Jedním z cílů je rozšíření formulace úlohy AFD, například na situaci, kdy je stav systému nepřímo měřitelný.
- Mezi další cíle patří výzkum vhodné reprezentace Bellmanovy funkce pro úlohu AFD.
- S budoucí prací souvisí také hledání možných aplikací AFD.

# Kontakt

## Výzkumný tým pro identifikaci systémů a rozhodování



- Specializace: adaptivní řízení, detekce poruch, nelineární filtrace, optimální řízení, identifikace systémů, odhad stavu
- Webové stránky: [idm.kky.zcu.cz](http://idm.kky.zcu.cz)

## Jan Škach

- Specializace: detekce poruch
- Kontaktní e-mail: [janskach@kky.zcu.cz](mailto:janskach@kky.zcu.cz)



Bertsekas, D. P. (2000).

*Dynamic Programming and Optimal Control (Volume I)*.

Athena Scientific, Belmont, Massachusetts, 2nd edition.



Šimandl, M. and Punčochář, I. (2009).

Active fault detection and control: Unified formulation and optimal design.

*Automatica*, 45(9):2052–2059.



Šimandl, M., Škach, J., and Punčochář, I. (2014).

Approximation Methods for Optimal Active Fault Detection.

In *Proceedings of the 22nd Mediterranean Conference on Control and Automation*, pages 103–108, Palermo, Italy.



Škach, J., Punčochář, I., and Šimandl, M. (2014).

Approximate active fault detection and control.

*Journal of Physics: Conference Series*, 570(1):1–9.