

Prednáška 7: ADAPTÍVNE RIADIACE SYSTÉMY

Riadenie a Umelá Inteligencia

doc. Ing. Anna Jadlovská, PhD.,

Katedra kybernetiky a umelej inteligencie
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach

LS 2015/2016

Adaptívne riadiace systémy

- väčšina procesov v praxi má **stochastický charakter**
- klasické regulátory (s pevne nastavenými parametrami) → nevyhovujú pre riadenie
- pri **zmenách parametrov procesu** je riadenie neoptimálne (strata materiálu, energie a pod.)
- zmena parametrov procesu → spôsobená **zmenou v pracovných režimoch**, zmenami vlastností surovín paliva, starnutím zariadení → klasické regulátory sa s tým nevyrovnajú

Jednou z možností zvýšiť **kvalitu riadenia** takýchto procesov je použiť **ADAPTÍVNE RIADIACE SYSTÉMY**, ktorých nasadenie umožnil vývoj číslicových automatizovaných prostriedkov (mikroprocesorová technika).

Formulácia problému adaptívneho riadenia

ADAPTÁCIA - vlastnosť organizmov prispôbovať svoje **chovanie zmenám okolitého prostredia**

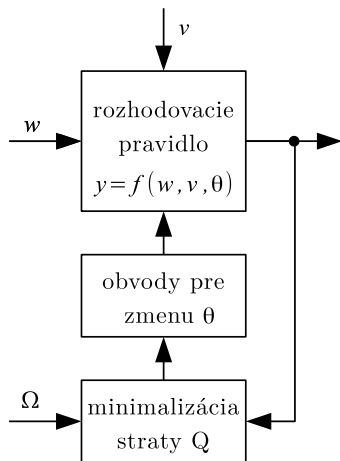
Systémy schopné adaptácie:

- prírodné
- technické

Obmedzíme sa na **kybernetické systémy**:

- a) môžu meniť svoj stav alebo štruktúru
- b) môžeme ovplyvňovať stav alebo výstup systému

Štruktúra adaptívneho riadenia



- vstupy: w, v, Ω
- výstupy: y

Prostredie:

- riadiaca veličina: w
- porucha: v
- požadované chovanie: Ω
- chovanie systému: y , t.j. rozhodovacie pravidlo
 $y = f(w, v, \Omega)$

Obr.: Vnútroštruktúra adaptívneho systému

Formulácia problému adaptívneho riadenia

Za parameter θ sa volí pre každú kombináciu (w, v, θ) taký parameter θ^* , aby minimalizoval stratu Q :

$$Q(\Omega, w, v, \theta^*) = \min Q(\Omega, w, v, \theta)$$



Adaptácia je proces, ktorým sa hľadá θ^* (k adaptácii dochádza vždy, pokiaľ dôjde k zmene \rightarrow prejavu prostredia w alebo v alebo k zmene požadovaného chovania Ω)

Pozn. **Učiaci systém** \rightarrow po ukončení adaptácie pre danú m -tú trojicu (w_m, v_m, Ω_m) postupnosti $\{(w_k, v_k, \Omega_k)\}$, $k = 1, 2, \dots, m$ si zapamätá Q^* v pamäti a vytvorí:

$$\theta^* = \underbrace{f(w, v, \Omega)}_{w, v \rightarrow \text{prostredie}}$$

Formulácia problému adaptívneho riadenia

Po ukončení učenia pre každý prejav prostredia w a v sa priamo volí ROZHODOVACIE PRAVIDLO výberom príslušného parametra θ^* z pamäti

Záver: Adaptívny systém \rightarrow adaptáciu stále opakuje
učiaci systém \rightarrow zhodnocuje opakované adaptácie t.j. pri novom prejave prostredia nehľadá optimum \rightarrow pamäť.

Úlohy:

- **priebežná (rekurzívna) identifikácia** t.j. vytvorenie matematického popisu riadeného objektu
- **riadenie systémov**, o ktorom máme málo apriorných informácií, **prenosové vlastnosti** sa v priebehu riadenia menia
- **rozpoznávanie predmetov** a ich triedenie (klasifikácia) \rightarrow adaptívne + učiace sa systémy súčasť klasifikát.
- **manipulácia s predmetmi** (adaptívne + učiace systémy súčasť robotov)

Úlohy adaptívneho riadenia

Ak bude **adaptívny systém** využitý pre **RIADENIE** → môže byť **ukazovateľom chovania**:

- poloha pólov a núl prenosu URO
- žiadaný prechod prechodovej charakteristiky URO na skokovú zmenu riadiacej $y_{ref}(t)$ alebo poruchovej veličiny $z(t)$
- doba regulácie
- minimálna hodnota integrálnych (sumačných) kritérií
- amplitúda a frekvencia vlastných kmitov v nelineárnych obvodoch
- zvolená hodnota amplitúdovej a fázovej bezpečnosti

Úlohy adaptívneho riadenia

Adaptívne riadiace systémy prispôsobujú parametre alebo štruktúru jednej časti systému (regulátora) zmenám parametrov alebo štruktúry inej časti systému (regulovaného systému) tak, aby celý systém mal optimálne chovanie podľa zvoleného kritéria, nezávisle na zmenách, ktoré nastali.

Adaptácia na zmenu parametrov alebo štruktúry systému sa dá uskutočniť:

- vhodnou zmenou nastaviteľných parametrov regulátora,
- zmenou štruktúry regulátora,
- generovaním vhodného prídavného vstupného signálu

Klasifikácia adaptívnych riadiacich systémov

- **klasický regulátor** → využíva princíp spätnej väzby k tomu, aby kompenzoval neznáme poruchy a stavy v procese;
Spätná väzba je pevne nastavená → upravuje regulačnú odchýlku
$$e(t) = w(t) - y(t)$$
- podstatou adaptívneho systému → mení spôsobuje spracovania regulačnej odchýlky, t.j. adaptuje **riadiaci zákon** na neznáme podmienky

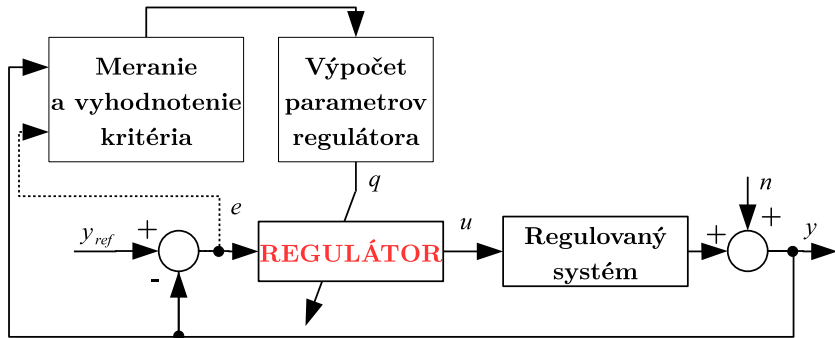
Adaptivita sa chápe ako spätná väzba vyššej úrovne.

Delenie:

- I. Adaptívne systémy založené na **heuristickom prístupe**
- II. Adaptívne systémy **s referenčným modelom** (Model Adaptive Reference Systems - MARS)
- III. Samočinne sa nastavujúce regulátory (**Self - tuning Controllers - STC**)

I. Adaptívne algoritmy riadenia založené na heuristickom prístupe (prof. Mar39k)

- adaptivita sa zaistuje priamo vyhodnocovaním priebehu regulovanej veličiny (Δe)



- využíva sa **algoritmus číslicového PID regulátora**
- kritérium sa volí miera kmitavosti regulovanej veličiny (Δe)
- metóda využíva identifikáciu regul. systému

I. Adaptívne regulátory založené na heuristickom prístupe

- metódy nevyžadujú identifikáciu regulovanej sústavy

Záver: Pri syntéze týchto regulátorov je snaha OPTIMALIZOVAŤ KRITÉRIUM, ktoré kvantifikuje **kvalitu priebehu** regulačného pochodu
→ vyhovuje praxi, naráža na výpočtové ťažkosti

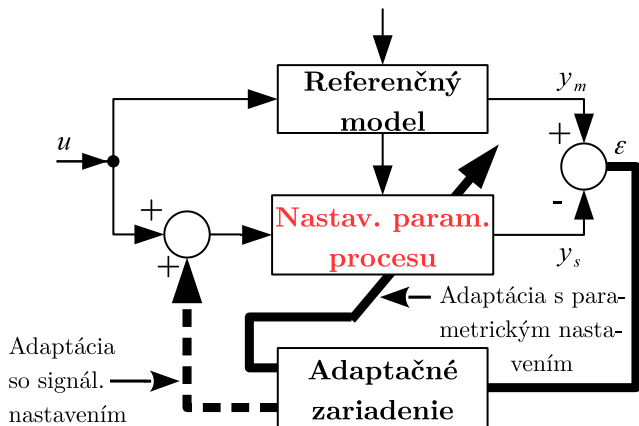
Úspešná aplikácia: prístup navrhnutý MARŠÍKOM (nastavovanie parametrov PID regulátora; ako merateľné kritérium je volená **miera kmitavosti**)

II. Adaptívne systémy s referenčným modelom

y_m - žiadaná odozva
(žiadaná odozva
ref. modelu
procesu/URO)

u - vstupný signál

\mathcal{E} - adaptačná
odchýlka



II. Adaptívne systémy s referenčným modelom

Cieľ adaptácie: Konevergencia **statických a dynamických** vlastností nastav. procesu (t.j. uzavretého regulačného obvodu) → ku vlastnostiam referenčného modelu

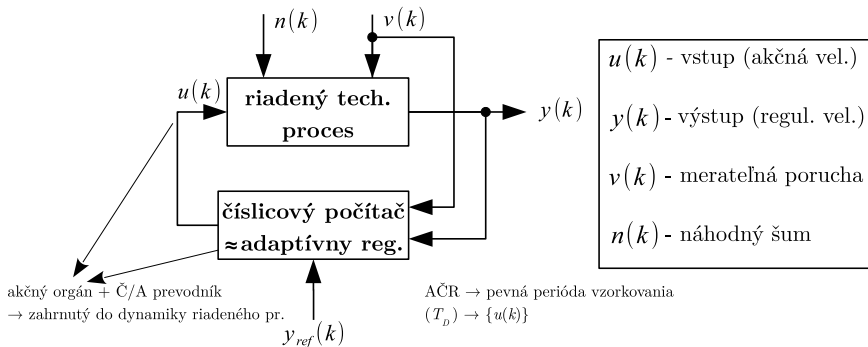
Záver: Duálny charakter → (adaptívneho systému) t.j. dá sa použiť tak ako **pre riadenie**, tak aj pre **identifikáciu parametrov procesu**

Návrhy autopilotov, servomechanizmov \Rightarrow obmedzenie týchto systémov je skutočnosť → sú vhodné pre deterministické riadenie

III. Samočinne sa nastavujúce regulátory

Regulátor → založený na identifikácii neznámeho procesu a s následnou syntézou zákona riadenia (adaptívne riadenie s priebežnou identifikáciou) ⇒ SELF-TUNNING Controller (STC)

Záver: najviac prakticky použiteľných výsledkov → dosiahnutých pri riadení jednorozmerných systémov (SISO) → implementácia na riadenie MIMO systému



$\{y(k); k = 1, 2, \dots\}$ - postupnosť hodnôt regulovanej veličiny (jediná informácia, ktorú regulátor o spojitom procese má)

III. Samočinne sa nastavujúce regulátory

je účelné **spojitý výstup** procesu pred vzorkovaním upraviť **filtráciou**
(\Rightarrow A/Č prevodník + filter \rightarrow súčasť riadeného procesu)

1. Existencia náhodných nemerateľných porúch - $n(k)$;

prípadná **zmena žiadanej hodnoty** - $w(k)$

\rightarrow dôvod zavedenia regulácie

2. **Parametre** riadeného procesu:

konštantné (neznáme) $\rightarrow \hat{a}_i, \hat{b}_i$

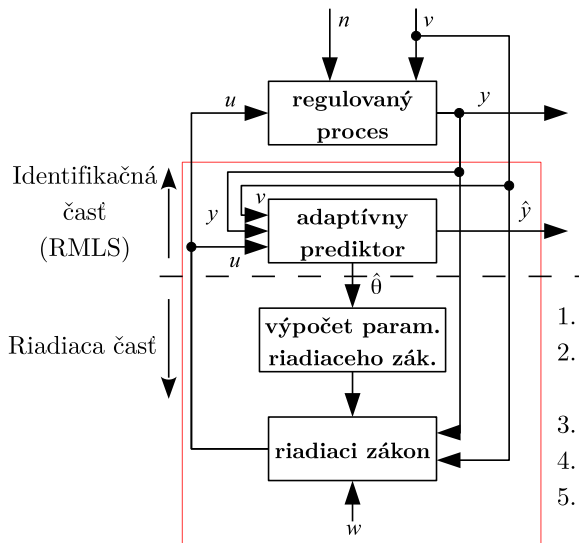
premenlivé $\rightarrow \hat{a}_i(k), \hat{b}_i(k)$

\rightarrow **zmena parametrov** je podstatne **pomalšia** ako rýchlosť adaptácie

Splnenie cieľov:

- ▶ automatické nastavenie parametrov číslicového regulátora
- ▶ zlepšenie regulácie pri prítomnosti nestacionárnych porúch

Algoritmická štruktúra STC regulátora



1. Dead – beat reg.
2. Minimalizácia rozptylu výstupu
3. LQ
4. Pole – placement
5. PID/PSD

Algoritmická štruktúra STC regulátora

- 1 vetkor parametrov θ modelu procesu sa pre daný krok riadenia považuje za známy \cong bodovému odhadu $\theta = \hat{\theta}(k-1)$
- 2 za tohoto predpokladu sa navrhne stratégia riadenia pre zvolené kritérium kvality riadenia \rightarrow výpočet akčného zásahu $u(k)$
- 3 po získaní **novej vzorky regulovanej veličiny** $y(k)$ a známeho akčného zásahu $u(k)$ \rightarrow vykonáme ďalší identifikačný krok (RLS - metóda najmenších štvorcov)
 $\{u(k), y(k), v(k)\} \rightarrow$ aktualizáciu odhadu $\hat{\theta}(k-1) \rightarrow$ opakovanie postupu pre nový odhad $\hat{\theta}(k)$

Riadiaca štruktúra adaptívneho riadenia s prvkami samonastavovania

