

# **SOUČASNÝ STAV VYUŽITÍ MARKOVSKÝCH ŘETĚZCŮ V AUTOMATICKÉM ŘÍZENÍ**

## **Current State of Markov Chain Usage in Automatic Control**

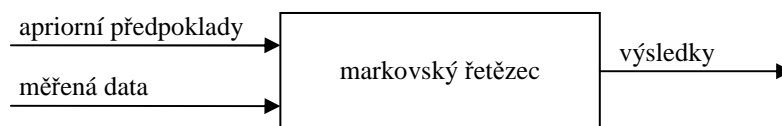
**Lukáš Bouda**

*Abstrakt:* Příspěvek se zabývá shrnutím současného stavu využití markovských řetězců v automatickém řízení.

*Klíčová slova:* markovský řetězec, automatické řízení

### **1. Úvod**

Markovské řetězce jsou jedním ze způsobů, jak přistupovat k řízení soustavy, u které jsou známy jen vstupní a výstupní data. Dalším způsobem jsou např. neuronové sítě. Deterministické metody identifikace neumožňují kvantitativně ohodnotit kvalitu odhadu parametru resp. struktury modelu a je vhodnější je aplikovat v případech, kdy vliv náhodných poruch a neurčitostí je zanedbatelný. Zanedbatelný vliv nelze předpokládat při modelování obecného technologického procesu. Z tohoto důvodu je volen pravděpodobnostní (Bayesův) přístup k identifikaci, kdy se chápou neznámé veličiny jako náhodné veličiny s daným apriorním rozložením pravděpodobnosti na množině možných jejich hodnot. Identifikace pak spočívá v určování aposteriorních rozložení pravděpodobností těchto veličin podmíněných pozorováními provedenými na soustavě [1].



Obr. 1. Schéma principu modelování pomocí markovských řetězců

### **2. Současný stav využití markovských řetězců v automatickém řízení**

Využití učícího se markovského řetězce pro řízení spalování je popsáno v [2]. Cílem zde bylo využít učící se markovský řetězec ke zlepšení spalování pro kotel G230 Mělník I v uhelné elektrárně. Emise se podařilo snížit zhruba o 12%.

Článek [3] se zabývá skoro jistou stabilizací adaptivního řízení systémů, které obsahují neznámý markovský řetězec. Řídicí systém představuje jako spojitou dynamiku reprezentovanou diferenciálními rovnicemi a diskrétní události popisuje skrytými markovskými řetězci. Práce se zaměřuje na téměř jistou stabilizaci a vzorkovací cestu skrytého procesu. Podle jednoduché podmínky je ukázáno, že dokud bude zpětná vazba mít lineární přírůstek kontinuální složky, výsledný proces je pravidelný. Pomocí vhodné volby Lyapunovy funkce je ukázáno, že adaptivní systém je skoro jistě stabilní. Jako vedlejší efekt je zajištěno, že řízený proces je také pozitivně rekurentní.

V [4] je navržena nová metodologie pro sestavení základních omezení nelineární stabilizace. Pomocí analýzy je vyjádřen problém stability jako kontrola markovskými řetězci. Používáním markovských řetězců je odvozeno omezení jako určitá maximální pravděpodobnostní mez nebo jako pozitivní podmíněná entropie určitých signálů ve zpětnovazební smyčce.

Článek [5] studuje konvergenci optimální strategie a optimálního zesílení. Jsou ukázány některé výsledky pro nepřerušené vzestupně řízené procesy.

### 3. Závěr

Markovské řetězce jsou používány v případech, kdy není možné nebo není vhodné využít jiný způsob modelování. Jejich výhodou je nezávislost na matematickém popisu soustavy.

*Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS10/252/OHK2/3T/12.*

### Literatura

- [1] Hofreiter M., Bayesovská identifikace technologických procesů. Habilitační práce, ČVUT Praha 1998
- [2] Jakoubek P., Hofreiter M. Bouda L., Probabilistic approach to NO and CO emission modeling. Příspěvek přijat k publikaci na konferenci 12<sup>th</sup> WSEAS International Conference on Automatic Control, Modelling & Simulation (ACMOS '10), Catania, Itálie, 29.-31. květen 2010
- [3] Bercu B., Dufour F., Yin G. G., Almost Sure Stabilization for Feedback Controls of Regime-Switching Linear Systems with a Hidden Markov Chain, *Transactions on Automatic Control*. 2009, vol. 54, no. 9, s. 2114-2125
- [4] Prashnat G. M., Umesh V., Andrzej B., Markov Chains, Entropy, and Fundamental Limitations in Nonlinear Stabilization, *Transactions on Automatic Control*. 2008, vol. 53, no. 3, s. 784-791
- [5] Prieto-Rumeau T., Lorenzo J. M., Approximating Ergodic Average Reward Continuous-Time Controlled Markov Chains, *Transactions on Automatic Control*. 2010, vol. 55, no. 1, s. 201-207