

# APROXIMACE NOVÝCH STAVŮ PŘI DETEKCI PORUCH POMOCÍ MARKOVSKÝCH ŘETĚZCŮ

J. Jirkovský

Ústav Přístrojové a řídicí techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Základní myšlenka při využití Markovských řetězců pro detekci poruch (FDI) je sestavení Markovského pravděpodobnostního modelu tak, že přechodové pravděpodobnosti určují pravděpodobnost stavu soustavy  $f_i$  ( $i = 1 \dots$  bezporuchový,  $i = 2 \dots$  porucha 1, atd.) za předpokladu historie naměřených vstupů ( $v$ ) a výstupů ( $y$ ). Vzhledem k předpokladu platnosti Markovské vlastnosti u sledované soustavy není třeba uvažovat celou historii procesu, ale jen její část danou regresním vektorem  $z_t$  se zvolenou strukturou, např.

$$z_t = [v_t, v_{t-1}, v_{t-2}, y_t, y_{t-1}, y_{t-2}] ,$$

kde  $t$  je diskrétní čas. Zajímá nás tedy hodnota pravděpodobnosti  $p(f_i | z_t)$ , která je určena prvky matice přechodu Markovského řetězce, a lze ji vypočítat dle vztahu

$$p(f_i = v | z_t = \zeta) = \frac{n_{\zeta, v}(t)}{\sum_{v_p=1}^{N_f} n_{\zeta, v_p}(t)} ,$$

kde  $n_{\zeta, v}(t)$  je počet událostí, kdy nastal regresní vektor  $z_t = \zeta$  a soustava byla ve stavu  $f_t = v$ , od počátku sledování soustavy do času  $t$ , navýšený o předpokládaný počet těchto událostí přes začátek pozorování – tzv. *apriori* informace (v případě, že o systému nemám žádné *apriori* znalosti se obvykle volí hodnota 1 pro všechny poruchové stavy  $\Rightarrow$  rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti)

FDI pomocí Markovských řetězců probíhá obvykle ve dvou fázích. V první fázi je třeba zvolit vhodný tvar regresního vektoru a naplnit statistiku  $n_{\zeta, v}(t)$  na základě dat získaných ze sledovaného systému. Po „naučení“ Markovského řetězce vypočteme výslednou matici přechodových pravděpodobností. Ve druhé fázi se vytváří hodnoty regresního vektoru „on-line“ z měřených veličin sledovaného systému. Výstupem FDI je pravděpodobnostní rozdělení možného výskytu pro všechny předem identifikované poruchové (a bezporuchové) stavy, které je dáno řádkem matice přechodových pravděpodobností, který odpovídá aktuální hodnotě regresního vektoru.

V případě, že se při diagnostice objeví nový, dosud nepozorovaný regresní vektor, máme několik možností.

## 1 Základní rozdělení

Rozdělení pravděpodobnosti poruch je určeno dle *apriori* informací o systému – obvykle rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti pro všechny poruchové stavy.

## 2 Hledání nejbližšího regresního vektoru

Jako rozdělení pravděpodobnosti poruch se předá řádek matice přechodu odpovídající regresnímu vektoru  $jz$ , který je nejbližší aktuálnímu regresnímu vektoru  $z_t$ , např. dle vzorce

$$jz = \arg \min_{jz} \sum_i (z_t(i) - jz(i))^2$$

## 3 Aproximace založená na několika nejbližších regresních vektorech

Rozdělení pravděpodobnosti poruch se určí pomocí agregace jednotlivých pravděpodobností poruch určených pro několik regresních vektorů  $jz$  v okolí aktuálního regresního vektoru  $z_t$  ( $jz \in N_{z_t}$ ). Agregace je dána ve formě váženého průměru dle vztahu

$$\hat{p}(f_i | z_t) = \sum_{jz \in N_{z_t}} w(jz) p(f_i | jz) ,$$

kde součet vah  $w(jz)$  musí být roven jedné.