

# FDI POMOCÍ PRAVDĚPODOBNOSTNÍCH MODELŮ A REDUKCE JEJICH DIMENSIONALITY

*J. Jirkovský, M. Hofreiter*

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

Základní myšlenka při využití pravděpodobnostních modelů pro detekci a lokalizaci poruch (FDI = Fault Detection and Isolation) je sestavení vhodného modelu, který určuje pravděpodobnost stavu soustavy  $f_t \in \mathcal{F}_f$ ,  $\mathcal{F}_f = \{1 \dots \text{bezporuchový stav}, 2 \dots \text{porucha 1}, \dots, m_f\}$ , za předpokladu známé historie měřitelných veličin v soustavě (vstupy –  $v$  a výstupy –  $y$ ). Předpokládejme dále, že k určení neznámého stavu systému využíváme pouze informaci obsaženou v konečné historii měřitelných veličin soustavy dané pozorovaným datovým regresním vektorem  $z_t \in \mathcal{F}_z$  se zvolenou strukturou, kde  $\mathcal{F}_z$  je množina všech možných hodnot regresního vektoru. Datový regresní vektor může mít tvar např.

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

kde  $t$  je diskretní čas. Zajímá nás tedy hodnota pravděpodobnosti  $p(f_t | z_t)$ .

## 1 Výpočet pravděpodobnostního modelu

Pravděpodobnosti pro všechny poruchové stavy a všechny hodnoty regresního vektoru jsou určeny prvky matice pravděpodobností poruch, a lze je určit dle vztahu

$$p(f_t = \phi | z_t = \zeta, D^t) = \frac{n_{\phi|\zeta}(t-1)}{\sum_{\phi_p=1}^{m_f} n_{\phi_p|\zeta}(t-1)} ,$$

kde  $n_{\phi|\zeta}(t-1)$  je počet událostí, kdy nastal regresní vektor  $z_\tau = \zeta$  a soustava byla ve stavu  $f_\tau = \phi$  od počátku sledování soustavy do času  $t-1$ , navýšený o předpokládaný počet těchto událostí před začátkem pozorování – apriorní informace. V případě, že o systému nemám žádné apriorní znalosti, se obvykle volí stejná hodnota pro všechny poruchové stavy  $\Rightarrow$  rovnoměrné rozdělení pravděpodobnosti.

FDI probíhá obvykle ve dvou fázích. V první fázi (učení) je třeba zvolit vhodný tvar regresního vektoru, naplnit statistiku  $n_{\phi|\zeta}(t)$  na základě dat získaných ze sledovaného systému, a vypočítat výslednou matici pravděpodobností poruch. Ve druhé fázi (on-line diagnostika) se vytváří hodnoty regresního vektoru z měřených veličin za chodu sledovaného systému. Výstupem FDI je pravděpodobnostní rozdělení možného výskytu pro všechny předem identifikované poruchové stavy včetně provozu bez poruchy, které je dáno řádkem matice přechodových pravděpodobností, jenž odpovídá aktuální hodnotě regresního vektoru (ať již přímo, nebo pomocí dalších aproximačních technik).

## 2 Redukce dimensionality

Největším problémem při praktické realizaci FDI pomocí pravděpodobnostních modelů je přílišná rozměrnost statistiky  $n_{\phi|\zeta}(t)$  a matice pravděpodobností poruch. Proto je třeba jejich rozměrnost vhodně omezit tak, aby nedošlo ke výraznému snížení spolehlivosti FDI. Slibnou možností je rozklad pravděpodobnostního modelu na  $m$  jednodušších modelů pomocí vhodného rozštěpení regresního vektoru  $z_t$ . Získané modely jsou popsány vztahem

$$p(f_t | s, z_t), \quad s = 1, \dots, m ,$$

kde regresní vektory  $s, z_t$  jsou výrazně nižšího řádu než původní regresní vektor  $z_t$ . Během fáze učení identifikujeme všech  $m$  jednodušších pravděpodobnostních modelů paralelně a výslednou pravděpodobnost poruchových stavů soustavy získáváme skládáním dílčích výsledků z těchto modelů.