

**prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.**  
Ústav automatizace a řídicí techniky  
Fakulta aplikované informatiky  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
nám. T. G. Masaryka 5555  
760 01 Zlín  
E-mail: [vasek@fai.utb.cz](mailto:vasek@fai.utb.cz)

## **OPONENTSKÝ POSUDEK**

### **disertační práce**

Téma práce	<b>Diagnostika poruch neurčitých systémů pomocí markovských řetězců a EMD</b>
Doktorand	<b>: Ing. Pavel Trnka</b>
Školitel	<b>: prof. Ing. Milan Hofreiter, CSc.</b>
Obor	<b>: Technická kybernetika</b>
Pracoviště	<b>: ČVUT v Praze, Fakulta strojní</b>

Oponentský posudek je vypracován na základě jmenování proděkanem Fakulty strojní ČVUT v Praze do funkce oponenta disertační práce ze dne 12. 7. 2018.

Předložená disertační práce obsahuje 85 stran textu, v seznamu použité literatury je uvedeno 61 položek. Seznam výstupů autora disertační práce obsahuje 16 položek ve standardním členění výkazu výzkumného pracovníka.

Práce se zabývá vysoce aktuální problematikou diagnostiky systémů a technologických procesů, kdy včasné rozeznání, určení a popř. odstranění poruchového stavu může umožnit vyhnout se úplnému selhání systému a tak možná i předejít škodám.

#### **Splnění cíle, přínos autora**

Cíle práce jsou deklarované v kapitole 3. Primárním cílem této Disertační práce je nalezení postupů, které povedou ke zlepšení schopností diagnostického systému rozpoznat poruchy s rychlým, krátkodobým nástupem. Tento základní cíl je dekomponován do čtyř cílů dílčích, z nichž jeden je konkrétním, experimentálním ověřením navržených postupů. Zbývající tři jsou zaměřeny na hledání metod zajištění potřebných vlastností diagnostického stochastického modelu založeného na Markovském řetězci.

Je možno konstatovat, že uvedené dílčí cíle práce i cíl hlavní byly nastaveny se znalostí problematiky reálně a že byly splněny. Považuji také za důležité, že směřují do praktických využití v oblasti diagnostiky poruch v průmyslových systémech a tedy jsou praktickým přínosem předložené Disertační práce.

Za hlavní teoretický přínos autora je možno považovat jednak vyvinutí metody pro získání vyvážených statistik a způsob výpočtu vyvážených statistik, nezávislých na délkách jejich trénovacích množin, které umožňují definovat míry očekávání jednotlivých poruch a jednak metodu rozšířené klasifikace provozních a poruchových stavů, založenou na rozdělení trénovací množiny jednoho provozního režimu na přechodovou a ustálenou část.

Z předloženého seznamu vědecko-výzkumných výstupů a výsledků autora je zřejmé, že průběžně a dostatečně dílčí výsledky své práce publikoval, a to převážně v uznatelných položkách Metodiky vlády pro hodnocení výstupů vědecko-výzkumné činnosti.

### **Zvolené metody zpracování**

Úvodní část práce zdůvodňuje řešení předmětné problematiky, na kterou je zaměřena, a návazně deklaruje cíle, jejichž splnění by mělo být příspěvkem k současnému stavu poznání a přínosem. Kapitola 2 obsahuje základní informace a terminologii související s diagnostikou poruch, včetně historického přehledu řešení této problematiky. Je zde uvedena na základě studijní části práce řada metod a přístupů k řešení diagnostiky poruchových stavů. Je popsáno řešení pravděpodobnostního modelu s využitím Markovských řetězců a diagnostika poruch s markovskými řetězci. Jsou popsána východiska k časově frekvenčnímu rozkladu signálu a algoritmus empirické modální dekompozice (EMD), určený pro zpracování značně rozsáhlých datových posloupností, včetně realizace tohoto algoritmu v reálném čase a jeho účelnost pro diagnostiku poruch. Tato část je teoretickým přehledem metod a nástrojů, použitelných pro řešení předmětné problematiky. Zde, před kapitolou, představující vlastní řešení, mně chybělo jakési shrnutí a zhodnocení těchto nástrojů se zdůvodněním volby postupu a nástrojů následujícího vlastního řešení. Toto je řešeno v kapitole 4.1, kterou považuji za stěžejní a přínosnou část Disertační práce. V této části je uvedeno odvození metod inovativního přístupu autora. V kapitole následující – 4.2 je pak popsáno ověření funkčnosti inovativního přístupu na případu reálných dat – jednak dat z reálné Tepelné soustavy, jednak dat obsahujících průběh teploty půdy na meteorologické stanici. Použití navržené metody v případě tepelné soustavy došlo k rychlejšímu rozpoznání vzniku poruchy, ve druhém případě jsou porovnány výsledky získané off-line a on-line analýzu s výsledkem, že on-line analýza poskytuje srovnatelné výsledky, ale rychleji.

Je možno konstatovat, že metodika pro zpracování zadaného tématu práce byla zvolena vhodně, o čemž svědčí úspěšné naplnění cílů práce a předpokládaných výstupů celého díla.

### **Význam práce pro praxi**

Výsledek předložené práce – inovovaná metodika identifikace poruchových stavů založená na pravděpodobnostním modelu s využitím markovských řetězců - je významný pro uplatnění v praxi tím, že dává praktickou, relativně jednoduše aplikovatelnou metodu pro nasazení do reálných řídicích systémů reálných technologií v průmyslové praxi.

### **Formální a jazyková úroveň**

Po formální stránce lze konstatovat, že práce je členěna přehledně, návaznost jednotlivých kapitol má logickou strukturu. Vlastní grafické provedení je kvalitní. Po stylistické stránce je zřejmé, že autor je schopen formulovat technické problémy. V práci jsem našel jen několik málo formálních nedostatků, což svědčí o odpovědnosti autora při přípravě technické zprávy.

### **Dotazy**

V rámci obhajoby by bylo vhodné, kdyby se disertant vyjádřil k následujícím otázkám:

- V kapitole 2.2.3 je popsána pasivní a real-timová diagnostika. U pasivní je systém potřeba nejdříve naučit na základě dat, která musí být vhodně zvolena.....Jakým

způsobem stanovíme onu vhodnost volby dat?

Tento systém si neporadí s novým, předem neznámým typem poruchového stavu?... U real-timeového systému, díky průběžnému měření dat, je možno s postupem času identifikovat i předem nepředpokládané chybové stavy?.....V případě, že ano, zkoušel jste takový případ diagnostikovat? Je možno nějak kvantifikovat čas nebo počet měřených vzorků dané veličiny/veličin potřebný pro bezpečnou diagnostikovatelnost takového poruchového stavu?

- Vaším primárním cílem bylo dosažení zlepšení schopnosti rozeznat poruchy s rychlým, tedy krátkodobým nástupem. Jak se Vámi navržená metoda chová v případě poruch s pomalým, tedy dlouhodobým nástupem?
- V případě experimentů na reálné tepelné soustavě, která není triviální a zřejmě skýtá celou řadu možných chybových stavů – jak jste definoval možné poruchové stavy? Zaměřil jste se jen na ty „vybrané“, nebo jste identifikoval i ty další, předem nepředpokládané?

-

### **Závěrečné hodnocení**

Předloženou práci považuji obsahově za velmi kvalitní. Disertant prokázal, že ovládá vědecké metody práce při řešení konkrétního úkolu. Přinesl nové poznatky, které je možno spatřovat v inovativním přístupu ke zpracování dat pravděpodobnostním systémem diagnostiky poruch založeném na bayesovském přístupu s využitím markovského modelu sledovaného procesu. Doktorská disertační práce Ing. Pavla Trnky je zpracována na vysoce teoretické odborné úrovni. Přináší nové poznatky, ukazuje na odborné schopnosti i způsobilost doktoranda k samostatné tvůrčí vědecké práci, na jeho dobré teoretické i praktické znalosti v oblasti diagnostiky poruchových stavů technických systémů.

Dle mého názoru splňuje podmínky pro doktorské disertační práce, a proto ji

**d o p o r u č u j i k o b h a j o b ě .**

Ve Zlíně 31. 8. 2018

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.