

**Politechnika Śląska
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn**

Piotr Tomasik

**Metody identyfikacji
modeli procesów wolnozmiennych
dla potrzeb diagnostyki technicznej**

Gliwice 2007

Recenzenci

Dr hab. inż. Wiesław Miczulski, prof. Uniwersytetu Zielonogórskiego
Prof. dr hab. inż. Wojciech Cholewa, Politechnika Śląska w Gliwicach

Redaktor zeszytów

Wojciech Cholewa

Redaktor techniczny

Marek Wyleźoń

Projekt okładki

Wojciech Cholewa, Marek Wyleźoń

ISBN 978-83-60759-01-1

Wydawca

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice
tel. (32) 237-14-67, fax (32) 237-13-60
<https://kpk.m.polsl.pl>

Od autora

Zeszyt został opracowany na podstawie mojej rozprawy doktorskiej, wykonanej pod kierunkiem prof. dra hab. Wojciecha Moczulskiego. Publiczna obrona rozprawy odbyła się 21 lutego 2007 roku przed Komisją powołaną przez Radę Wydziału Mechanicznego Technologicznego. W opracowaniu zostały uwzględnione uwagi Panów Recenzentów rozprawy doktorskiej: Prof. Wiesława Miczulskiego i Prof. Wojciecha Cholewy.

Niniejszą książkę dedykuję mojej żonie Ewelinie w podziękowanie za wyrozumiałość i cierpliwość. Składam serdeczne podziękowania Koleżankom i Kolegom z Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej za okazaną mi pomoc i życzliwość w czasie wykonywania pracy. Szczególnie zaś dziękuję prof. dr. hab. Wojciechowi Moczulskiemu za nieocenioną pomoc w realizacji badań oraz cenne uwagi krytyczne.

Gliwice, kwiecień 2007

Piotr Tomasik

Spis treści

Od autora	3
Rozdział 1. Wstęp	7
Rozdział 2. Modelowanie procesów wolnozmiennych	11
2.1. Modele procesów do detekcji uszkodzeń	12
2.1.1. Równania fizyczne	12
2.1.2. Transmitancja, równania stanu obiektów i obserwatory stanu	12
2.1.3. Modele neuronowe	15
2.1.4. Modele rozmyte	16
2.1.5. Rozmyte sieci neuronowe	18
2.2. Modele do lokalizacji uszkodzeń	19
2.2.1. Modele odwzorowujące binarne sygnały diagnostyczne	19
2.2.2. Modele odwzorowujące wielowartościowe sygnały diagnostyczne	21
2.2.3. Modele odwzorowujące ciągłe sygnały diagnostyczne	22
2.3. Sekwencje zdarzeń	22
2.4. Metody odkrywania wiedzy w bazach danych	23
2.4.1. Tablice kontyngencji	25
2.4.2. Odkrywanie równań	27
2.4.3. Dynamiczne modele jakościowe	27
2.5. Baza wiedzy jako model procesu	28
2.5.1. Reguły diagnostyczne	28
2.5.2. Przybliżone reguły diagnostyczne	29
2.5.3. Drzewa decyzyjne	29
2.5.4. Sieci przekonań (Bayesa)	30
2.5.5. Sieci stwierdzeń	31
2.5.6. Ramy	32
2.6. Modele szeregów czasowych	33
2.7. Podsumowanie	36
Rozdział 3. Cel, teza i zakres rozprawy	37
3.1. Cel pracy	37
3.2. Teza	38
3.3. Zakres rozprawy	38

Rozdział 4. Metody pozyskiwania wiedzy z bazy danych procesowych	39
4.1. Charakterystyka rozpatrywanych danych procesowych	39
4.2. Wybór atrybutów i przygotowanie danych do przeprowadzenia badania	41
4.3. Normalizacja czasowa przebiegów ciągłych parametrów procesowych	42
4.4. Sposoby wielomianowej aproksymacji przebiegów	42
4.5. Metoda określania podobieństw dla odległości bezwzględnych	43
4.5.1. Podobieństwo wielkości wejściowych i wyjściowych	46
4.6. Metoda sekwencji znakowych	48
4.7. Metoda określania podobieństw dla odległości względnych	54
4.8. Modyfikacje gęstości rozkładu podobieństw atrybutów	56
4.9. Wyznaczanie wag istotności atrybutów	62
4.10. Sposób prezentacji wyników	64
4.11. Sposób oceny opracowanych metod	65
Rozdział 5. Weryfikacja metod	69
5.1. Plan weryfikacji	69
5.2. Wybór danych do badań	70
5.3. Określenie parametrów weryfikowanych metod	73
5.4. Wyznaczenie wartości odległości	76
5.5. Wyznaczenie wartości podobieństw	77
5.6. Przykłady wyszukiwania podobnych realizacji	91
5.7. Prezentacja wyników wyszukiwania podobnych cykli	99
5.8. Ocena wyników badań uzyskanych za pomocą opracowanych metod	102
5.9. Podsumowanie wyników weryfikacji	103
Rozdział 6. Podsumowanie i wnioski	105
6.1. Podsumowanie	105
6.2. Wnioski	106
6.3. Kierunki dalszych badań	106
Streszczenie	116
Summary	117